天高歌长

——我的飞机设计师生涯



程不时　著



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

VISIT...

LANZAROTE Caliente.COM

目录

内容提要
版权信息
名人语录
前言
一、动荡的少年时代
　　既是天使又是魔鬼
　　立志将来要设计飞机
　　家教和课余活动
　　最初的艺术熏陶
二、进入航空世界
　　当头棒喝被劝说离开航空
　　孕育着腾飞思绪的校园
　　开国大典之夜的飞机灯
　　三行字的“论文”
　　在废墟上铸造辉煌
　　飞机工厂会是什么模样
　　欧几里得式的思维
　　生产的脉搏在涌动
　　像古代尼罗河泛滥
　　从实际出发的思考
　　综合性运筹
　　技术与艺术的对位
　　不尽如意的面谈
　　科技写作与航空模型
　　魂牵梦萦第一架飞机
三、 雏鹰展翅
　　“推油门，上！”
　　“熟读唐诗三百首”
　　工程综合的沸腾工地
　　试飞员
　　银燕腾空
四、 45年后才乘坐上的飞机
　　第二个设计目标
　　“具有特色的设计”
　　告别与重逢

五、 峭壁上的雄鹰
磨砺设计的剑
雄鹰初现
艰难的诞生过程
六、 带领青年设计“勤工号”
年轻人的热情
“飞天”挥袖舞长空
越过海峡归来的试飞员
七、 设计生涯的间隙
骤起的山风
技术革新
欢呼春天却迎来了寒冬
为冷藏的知识找出路
总结飞机的知识
八、 超过音速
重新试制
超音速是怎么回事
从“门诊部”进到“主制工厂”
九、 能飞的东西都纳入视野
驾驶旋翼机腾空
被运动中断的单人直升机
穿出雾障飞出的伞翼机
紧贴水面的高速气垫船
长花和长果的两棵树
十、 闯过屏障
“一揽子计划”
工程设计中的创造性思维
“三大愿望”
不寻常的研制过程
腾飞的苦酒
十一、昆仑长江上空的大鹏
雁南飞
大鹏的产房
要当中国航空产品的家
良好的起点
充满创新意识的过程
翱翔在祖国领空
成就与反响
十二、虚拟空间里的山峰
在计算机内塞进山峰和天空

爬山遇悬崖：好事还是坏事？
为论文辩护
因沉默而吃瘪
不是外星人
20分钟的学术报告不得延长
与国际航空界的交往
十三、 从太阳岛飞向世界
两种不同的概念
这是技术抠门吗？
飞向全世界
十四、 爱好者们的热心建议
我见到的第一位“发明家”
没有实现的有各种情况
“超光速”的飞碟
火箭飞机
“上报英国女王“的新型航空器
点火炬的飞盘
十五、 业余艺术生涯
自娱变成与人共娱
外太空走一遭
科技写作不需要方法吗？
文学海滩上拾贝
十六、 百年航空与飞机设计师素质
“世纪作证”
飞机诞生何其迟
世界航空技术发展目标的演变
飞机设计师的素质

内容提要

《天高歌长》是第一部中国飞机设计师的自传。书中首次叙述了50年代初我国国防高技术初建时期的细节实情和亲身感受。作者为中国第一代飞机设计师，先后负责设计了中国第一架超音速飞机、中国第一种强击机、中国20世纪研制的最大型飞机等。此书展开了作者50年来在中国航空发展史进程中的亲身感受，金戈铁鸟的职场经历，波澜起伏的感情世界、缜密的哲学思考，激情的文学创作和科普写作，动听的提琴演奏表演……全书文笔流畅、内容感人，形象生动。

版权信息

书名：天高歌长——我的飞机设计师生涯

作者：程不时

出版社：上海交通大学出版社

出版日期：2015年7月17日

ISBN：978-7-89424-112-2

价格：7.99元

名人语录

程不时先生不仅是新中国有着突出贡献的第一代飞机设计师，而且学识渊博，文理兼优，兴趣广泛，多才多艺。他的人生阅历，是年轻一代的宝贵精神财富，《天高歌长——我的飞机设计师生涯》一书值得顶礼摩挲，细细领悟。

——叶永烈（著名作家）

《天高歌长——我的飞机设计师生涯》，我认为这是一本“人生教材”。近些年来，很少有一本书能有这许多看点，值得人感动、深思。

作者程不时在40多年的飞机设计生涯中，先后负责过多种飞行器的总体设计工作。他提倡创造性思维，提倡创新精神，注重创新设计，并为此进行了不懈的斗争，可以说这是全书最耀眼的亮点。

在专业之树结出累累硕果之外，业余在文学艺术花园也绽放出万紫千红的花朵，他多才多艺，不仅在音乐、美术等艺术方面有较高的修养，而且在文学、科普、和科技写作上也颇有成就。他思想活跃、极富创见，思想所及“包罗万象”，在哲学、心理学、教育学、数学等重要领域均有闪光的见地。我们完全可以夸称他是“另一种类型的”爱因斯坦和鲁班。

——绍由（《航空知识》期刊原编辑部主任）

读了《天高歌长》，这本书涉及许多方面，内容丰富，多姿多彩。作者生涯丰富多彩，所以书中，不论飞机以内，飞机以外，也都丰富多彩。说作者自己，说别人，说事，说物，说情，说理，不是几个亮点，而是星光灿烂，亮点满天。书中写了许多人，有的接触得多，写得多；有的接触不多，着墨不多，一样写得鲜活，如见其人。

作者一生充满那样多的心情激荡，“多情应笑我早生华发”，难怪头发白得早。古人读《汉书》下酒，古人读史，感慨系之，便浮一大白。

不论怎么说，值！作者这一辈子有许多亮点。活得高兴，这就好！

——由枚（驻外使馆前科技参赞）

《天高歌长》作者的创造能力很强，目标明确，天赋难得。如果停止设计飞机，那就太可惜了。

还有，我非常欣赏书中关于作者和德国同行的谈话，谈到心理学、创造学、哲学与工程技术学都是相通的，以及作者对理论的兴趣。我非常认同并表示对作者的敬佩。

——朋箭（大学《文学评论》教师）

《天高歌长》记述了作者终生献身航空事业，令我钦佩。原来一个人可以做这么多事啊！作者在多方面表现出了才艺，原来一个人的潜力可以有这么大！

——丁紫（外语副教授）

乘坐六小时火车作长途旅行，途中捧着一本书入神地读，有时不自禁地笑出声米，身边的旅客问一直在看什么书，这么投入？就是《天高歌长》。我太喜欢这本书了。在一些人心中作者不仅是航空泰斗，更是中国人具有杰出创造能力的表率，打破了近代中国人丧失创造力的魔咒，热血青年甚至奉为民族英雄。

——定起（作家）

用两天时间一口气读了《天高歌长》，崇敬之情油然而生。有一种高山仰止的感觉。 从书中读到了精彩的人生，得到了多方面的教益。

通过这本书，读到了事业心，读到了献身精神，读到了创新思维，读到了远见卓识，读到了出类拔萃，读到了勤奋好学，读到了自尊自强，读到了多才多艺，读到了辩证法，读到了“健康为祖国工作50年”，还从一个侧面读到了真实的历史和反思……

这是一本值得一读的全方位的人生教科书，给人激励，催人奋进。

——周志宏（核电专家）

一口气读完《天高歌长》。书写得实实在在，给人鼓舞。读到结尾处，更觉得 写得很有力量，激励人们永远前进！

——敏世（电业专家）

读到《天高歌长》，很喜欢。我办了一个“创造性假期培训班”，结业的时候，我复印了《天高歌长》这书，全体学生每人发一本。

——祁念（少年宫特级教练，政府特授“教授”衔）

《天高歌长》是一本教科书。不仅对学航空的是教科书，对一般的大学生和中学生都是人生教科书。

——管漕（新中国第一批航校飞行教员）

志以成道，言以宣志” 作者从小便立定飞机设计的志向，无论环境如何刻苦，时代如何动乱，仍无法动摇作者意志半分，终究在有限的人生中实现伟大的志向，奠定组国航空工业的基础。此本回忆录虽然大多是作者事业与生活的纪录，但字里行间不时透露出对生命的热情，有条不紊，生动的描述作者当年如何成就自己，成就祖国，也为如何活出最美好的自己做出最佳的诠释。 ”

——**Michael** 陈(波音和美国航空航天局飞机设计研究员、试飞员)

程不时先生在这本书中融会贯通了科学思想、人文精神、航空历史和工程哲学，慷慨传道、耐心开示、以待来人。很是值得推荐。

——王飚（自由投资人）

中国大飞机，永不放弃。

——颜罡（联想研究院天线专家）

我们应该像程老们那样，时刻保持一份初心，让理想火焰不灭，尽管也许穷己一生都无法达到程老这样的老一辈们的高度，但追求的过程本身已值得我们回味。

——江鹏程（核电工程师）

初看这书名《天高歌长》，看到封面上飞机的图像，以为这是一本关于航空的书。及至读了，才知道这是一本关于人生的书。

——秦悦

一直喜爱读人物传记、学者散文和报告文学之类的著作，近时又重读《天高歌长》，书写得很好，记述很生动感人。有志于学、热爱祖国、勤于观察和实验、善于独立思考和创造，这些都显示了一名科学家的优秀品性，青年读者如能好好领会，就没有白读了这部传记文学作品。

作者从小好学，好求索，好实验，好独立思考，这十分重要，及至参加工作以后，锻炼创造性思维，不因循守旧，不照搬外国的东西，不人云亦云。这是一种非常可贵的品质，对当代年青人培养创新型思维模式具有借鉴和指导意义。

读这本书，使我想起爱因斯坦，他终生的爱好有两项，就是物理学和小提琴。

——乘钢（电信高管）

前言

—— 72岁乘坐27岁时设计的飞机

美国威斯康星州温纳贝戈湖畔，天气晴朗，飘洒着朵朵浮云。在号称“全球第一繁忙机场”的奥什科什机场上，正在举行世界上规模最大的“飞行大会”。跑道旁宽阔的草地上停着数千架从美国及世界各地飞来的各种飞机。在飞机旁到处涌动着参观的人群，仿佛在举行盛大的狂欢节一般。跑道旁，上万人头攒动，人们神情专注地在观看精彩的飞行表演，特技类飞机拖着彩色尾烟在空中翻腾。

这时远处传来隐隐的机声。云层下数十架飞机组成的庞大机群逐渐临近，排成整齐队形的飞机在阳光下闪烁着光亮，蔚为壮观。机声越来越大，低沉而和谐，直到声音铺天盖地，仿佛天穹下奏响了巨大的管风琴。机场上的广播喇叭响起：“这是中国的‘初教6’组成的编队，正在通过会场。我们荣幸地告诉大家，这架飞机的设计师就在现场……”

21世纪第一年的春天，我收到美国EAA（Experimental Aircraft Association）的邀请信，邀请我作为嘉宾参加2001年7月在美国奥什科什举行的“飞行大会”。

我这时已经进入72岁。被邀请的原因是我在27岁时作出总体设计的飞机“初教6”，这时在美国已经卖出约200架，成为在美国销售最多的中国飞机，很受买主们的欢迎。买主们在美国组织了一个协会，他们打算组织一批飞机参加当年的“飞行大会”，并进行编队飞行表演。这个航空协会辗转打听到我与这架飞机的关系，特邀设计者去和这些买主们相见。

我首先参加了美国驾驶员们在美国的曼尼托沃克（Manitowoc）机场的编队训练，为期一周。在这里我乘坐这种飞机升空体验了飞行。这架45年前我在图板上画下第一根线条的飞机，我在国内竟没有机会实际乘坐过。这次在美国登机升空，飞行的感觉非常平稳舒适，特别座舱的视界宽阔，使我能自由地观看到天空和地面广大的区域，伴飞的僚机在空中的姿态和动作也都清楚如画。然后，在奥什科什飞行大会开始时，协会组织了庞大的机群编队从曼尼托沃克起飞。直飞

奥什科什机场，这一年参加奥什科什飞行大会的飞机约一万架，会期一周，参观者总数约75万人。我满头白发被特邀乘坐在领队飞机上，带领机群浩浩荡荡飞入大会会场。

该协会举办了一次宴会，正式表示对我到达的欢迎，并邀请我在宴会上对初教6的发展历史，以及我本人的事业经历作一个演讲。我在致词中，介绍了该机研制的经过，着重说明了这是一架由中国自行设计的飞机，而不是如外界某些误传那样是一架外国飞机的改型设计。我列举的事实和例证被到会者接受，他们对此报以热烈的掌声，致词完毕后，全场起立鼓掌，表示了对中国飞机设计人员的尊敬。

这一年参加奥什科什飞行大会的各种飞机约一万架，会期一周，参观者总数约75万人。这一年参加奥什科什飞行大会的各种飞机约一万架，会期一周，参观者总数约75万人。在此飞行大会以前，中国飞机设计师被美国作为嘉宾邀请去参加飞行大会还比较罕见。加之我72岁与27岁数字的偶合，有一定的新闻性。在美国和我国国内的航空界都引起一定的注意，美国的一些报纸和刊物，以及网站，广播电台等对此作了报道。我国的《航空知识》、《新民晚报》、《产经新闻》等报刊刊登了文章，“上海东方广播电台”作了播送，《民机设计与研究》刊物和《中国少年报》报道报道的标题是“美国人对中国飞机设计师翘起了大姆指”。美国刊物对我这次访美的报道报道中，第一句便引用了当初罗马帝国对凯撒大帝击败高卢重大战役胜利的经典描述：“他来了，他看见了，他征服了。”这当然具有某种夸张，但说明他们对邀请到我进行这次访问满意的心情。

其实，“初教6”只是我早期在绘图板上绘出的飞机之一。

2003年，是世界第一架飞机诞生100周年。20世纪初的1903年，美国的莱特兄弟发明的第一架飞机飞上了天空。1979年，我作为中国航空工业第一个访美考察团的一员，在美国华盛顿的“航空航天博物馆”看到这架飞机的原件，悬挂在大厅最显目的位置上。这架像一具大风筝的飞机，却开拓了航空纪元。

人类社会的20世纪，几乎与飞机的百年历史重合。航空的发展直到21世纪初也没有达到饱和。宏观地看，航空的历史大致可分为前后两半。前一半时间里飞机变得越来越大、飞得越来越快、越来越远，可以视为一段陡峭上升的直线。到了中途发生了第二次世界大战。大战中出现了喷气技术，实现了全金属结构的普遍采用。这使得在百年历史的后半段，飞机进入一个崭新的“喷气时代”，发展突然转向了急速上扬的曲线。

我于1951年从清华大学的航空工程系毕业，巧遇新中国建立航空工业之年，毕业后立即进入了我国航空工业的建设队伍。5年后，新中国决定建立自己的飞机设计事业，我是最早调入“第一飞机设计室”的几个人之一，担任了总体设计组的组长。这个“第一飞机设计室”推出了新中国第一批自行设计的飞机。以后我便一直在飞机设计的岗位上，陆续进行了一系列不同类型飞机的总体设计。为使更多的我国自行设计的飞机飞上蓝天，我和我的同事们倾注了大量的科研成果和激情，把毕生的精力献给了腾飞的事业。

新中国设计的第一种飞机就是喷气式飞机，可以说起点不低。但是像喷气技术这样的新技术，却是我们在学校的课堂内没有学过的。后来设计飞机中的一些电子设备，自动控制技术以及设计中使用的电子计算机等等，更是我在学校时代还不曾出现的新事物。所以我的工作并不是简单地将学校课堂学过的东西付诸实施，而是走上不断学习新事物、不断更新观念、努力赶上时代、并且需要不断创新才能走下去的道路。

我亲身经历了航空技术在20世纪后半段的飞速发展期，也亲历了我国航空建设半个世纪的历程。

一个国家飞机事业的发展，除技术性因素之外，还受到国内外社会环境、当事人的思路和取向的影响。一个设计师的经历中，技术成长的历史虽是重要部分，但对于飞机这种复杂的工程领域，包容的并不限于一些“单纯技术性”的问题。

这里记述的是一个飞机设计师的经历，我将自己的感受和见闻，所思所虑奉献给读者。



1951年，作者毕业于清华大学航空工程系。从此进入航空工程建设队伍。此为毕业照，时年21岁。



叶剑英元帅与第一任空军司令员刘亚楼参加了“歼教1 ”的庆功会, 飞行中的飞机座舱内为30年后的空军司令员于振武。



我军机场上的“强5 ”机群



（程不时摄于1964，时年34岁）

在20世纪60年代，作者曾任“歼6”与“歼7 ”两种机型的“主管设计师”并负责“歼教6”的改型设计任务。



上级决定“强5”转到洪都飞机厂继续研制。以后成为半个多世纪我国空军与海军的主要机型。图为作者与强5。



“ 强 5 ”在飞行中试射火箭。



60年代初期，担任了引进的“歼6
机型的主管设计师。该机在20世纪后
期曾长期成为我国空海军的主力机种
累建战功。



作者和“运10 ”在成都双流机场



1958年，新中国第一架自行设计的飞机
“歼教1 ”进入试飞。左三为“第一飞机
室”主任徐舜寿，右三为作者，
“歼教1 ”的总体设计者。



“歼7 ” 在我国总产量达2400架。

在过去60年中，与原型机苏制 “米格21 ” 一起， 共生产了1.3万架 是上个世纪产量最大的战斗机。



“运10 ” 在夜间测试灯光照明 系统， 金碧辉煌。



“运10 ” 代表着中国人民追赶世界 先进技术水平的高昂斗志，拨地而起 一飞冲天。



60年代中期，作者担任了“歼7”超音
速战斗机的主管设计师，1966年将
第一架飞机首次飞上蓝天。



摄于1985年，时年55岁。



“运12 ”是哈尔滨飞机工厂的产品
作者参加了此机型研制， 是获国家
技进步奖的“主要贡献者”之一。



1970年8月，国务院下达开展大型喷气式旅客机的研制工作（即运10研制）。
经过十年工作，运10于1980年9月
从上海大场机场首次飞。



作者72岁在美国登上了自己在27岁时设计的飞机。



作者担任“运10”副总设计师，当“运10 ”飞越三峡上空的时候， 试飞机长王金大把飞机交给副驾驶操纵，自己进入客舱与作者交谈飞行情况。



“运10 ”是全国人民合力奋斗的成果。



2004年摄于“运10 ”驾驶舱内



作者在美国应美国人邀请对“初教6 ”的设计问题作技术报告。



运12（是一种“空中面包车”，可乘坐19人，最近飞临钓鱼岛上空）

一、动荡的少年时代

既是天使又是魔鬼

在我幼年最初的心目中，飞机是可爱的天使。

1930年4月6日，我出生在湖南醴陵县城一家医院。四岁时我家在汉阳机场的边缘，正在飞机起飞线的下方，常常有飞机低低地越过头顶。三引擎旅客机的机声轰隆隆，各部件的结构清晰可见。我仰头长时间目送飞机远去，无限向往。飞行体现出的那种神秘的能力，表达出那种昂扬的意境，使我渴望自己能接近这种能飞的机器，哪怕能摸一摸也是福气。

我的父亲程炯，是留学德国的机械工程师，曾经在机械厂、铁道和公路上工作。母亲朱启畴当过小学教师和校长，以后长期从事妇女联合会的工作。我最初的记忆是三岁多父亲回国以后，他的第一份工作是在武汉的汉阳一座工厂当工程师，我们全家搬到了汉阳长江边。家门前是一片制砖泥胚的工地。我用制砖的泥土来捏制飞机、手枪和牛羊等动物，展开我幼稚的想像。

父亲带我去参观过烧砖的窑地。我看到粘土经过烧焙便成为坚硬的砖块，十分惊奇。我当时涌现出一种想象：用泥土制出一架大的飞机，通过焙烧变硬，应该就可以飞上天空了。这也许是我在学龄前最初对设计飞机的构想了。

后来父亲的工作转到南京的铁道部门，然后又转到山东济南。我们全家迁到了济南，不久爆发了日本侵华战争。我的小学和中学阶段，几乎都处在日军不断进逼下的逃难生涯中。亲历了日本飞机的轰炸和扫射。童年时代心目中晴朗明媚的天空，被横行的敌机所撕裂，成为毁灭与蹂躏的渊薮。

卢沟桥事变后不久，母亲带着我和弟妹们在战火下回到了南方。父亲留在济南抢着把铁路的器材南运。我当时七岁，父亲回到湖南乡下后，向母亲讲述济南危急之际，他们如何抢运器材，直到附近已经有炮弹落下，才在发出最后一班货车后离开。父亲在外敌入侵的紧张情况下不顾个人安危的气概，在我幼小的心目中留下高大英勇的印象。

后来父亲在河南信阳的一座“农工器械制造厂”工作，我和母亲随同到了河南。但很快日军南侵，这家工厂辗转迁到湖南，在桃源短暂停留之后，迁到了湘西的山城辰溪。我是在辰溪完成小学学业的。

逃难生活中充满了苦难。当母亲领着我挤坐在简陋的敞篷火车上从河南开向武汉时，列车在临近终点的一个小站上长时间停车，因为日本飞机正在空袭武汉。当天在武汉上空发生了中国空军抵抗日机的大空战，取得了首次辉煌而惨烈的胜利。这就是历史上著名的“武汉空战”，当天夜晚我们到达武汉。车站外的人力车接送嘈杂的难民，车夫因过度疲劳而握不住车把，将车向后翻倒，把母亲和我倾倒在地上。

广西桂（桂林）柳（柳州）沦陷时，我曾坐在堆满杂乱行李的卡车后部。破旧的烧木炭的卡车在山间盘山公路上蠕行，上坡时功率不足，每向上冲行一米，就要用三角形的轮挡木塞在车轮的后面防止车倒退。而当卡车在稻田中间的狭窄的道路上过一座木桥时向一侧翻车，把我们几个坐在行李上的小孩连同行李翻落到水田中。我十四岁时就曾背着沉重的行囊在乡间跋涉数十里路，迁往更安全的地方。在乡间黑暗的土屋里，我们一家拥挤地睡在人家床边的地上。

在漓江的木船上，当船上急滩时，少年的我参加了拉纤的行列。当我肩上背着纤缆、光着脚躬着腰在淹没膝盖的河水中与急流僵持时，当我手脚并用地爬行在光滑的岸边岩石上时，使我领会到“不进则退，只有坚持才会胜利”的道理。

在国难当头的大劫大难中几乎在死亡边缘擦过的经历，练就了我对于严峻的生活不是那样脆弱。

我家在湘西的桃源时，河的对面是一家迁到内地的炮厂。不知日本人如何知道了炮厂的位置，派飞机来炸。我们隐藏在田间小沟里，上面盖上少许树枝，成为一个透着光点的甬道。透过树叶的缝隙可以看到日本飞机一次又一次低飞掠过田野，低得可以看清飞行员的飞行帽。只见飞机目空一切地傲慢地盘旋，然后传来一阵阵炸弹爆炸声。这些漆着红膏药的飞机，在我的心目中是多么狰狞可恨！

当时我们听说，附近就有汉奸，他们在空袭时用镜子反光给日本飞机打信号。抗日战争中日本曾侵占了我国大片土地，侵略者对沦陷区的统治需要依靠当地人。因此中国出过不少民族败类。对汉奸的痛恨，从小便植入我幼小的心中。

父亲工作的工厂接着向沅江上游疏散，用几只木船载运着装备。

我们全家住进竹蓬船里。船行几天之后到达了“青龙滩”。这是一个航道狭窄，流水湍急的瓶颈地带。船只通过能力受阻，各工厂和单位的大批船只，拥挤在宽阔的鹅卵石滩边，等候按顺序过滩。

一天，鸣着枪来了一大批湘西的武装土匪，抢劫搬迁单位的钱财和保安的枪支。我们一家在土匪走近前乘坐一艘小船到了河的对岸，隐身在一片树林里，母亲抱着我年幼的弟弟，吓得脸色苍白。而卵石滩上枪声不断，土匪洗劫了一整天才呼啸而去。国难中又遇内患，真是祸不单行。

我们来到沅江上另一座山城辰溪，日本飞机又飞临辰溪。我们隐蔽在树林中，可以看到从飞机上掉下的炸弹在湖南大学爆炸。我家不远的发电厂也遭到日机轰炸。飞机飞走后，我在院子里捡到一块边缘锐利而份量沉重的厚铁，形状恶劣令人毛骨悚然。那是弹片飞进了我家。

我家住辰溪，但我考入了在另一座县城沅陵的雅礼中学，在那里住校读到初中二年级。学校门前鹅孵石滩上散布着好几个直径很大的炸弹坑，里面积了很多水。日本人对中国的轰炸，连一所中学也不放过。

这个时期我见到的飞机，从天使变为了魔鬼。

立志将来要设计飞机

后来我们全家随父亲的工作转到桂林，我在桂林进入初中三年级。

桂林是中国和美国支援我国抗战的“飞虎队”联合空军的基地。我们的课业常被市内独秀峰上发出的空袭警报打断。学校全体师生和桂林市民一起躲进漓江对面七星岩的岩洞里去，这种全城性的徒步大迁移被称为“跑警报”。在岩洞里可以听到空中传来中美空军将士与日机空战搏斗的飞机发动机吼叫和阵阵机枪射击声。在桂林我对飞机的感觉，不再是一种被宰割的屈辱，而有冲向魔鬼去拼搏的激动和豪壮。

我目睹过空战。从地面看来，飞得很高的飞机只是蓝天上的一些小小的白十字，在高空的飞机动作看起来很迟缓，但是俯冲中发动机的尖啸声是那样凄厉，特别机枪连发的爆裂声从云端传来，清脆无比，实足使人惊栗。

我家当时在与桂林城隔江相望的七星岩下。我放学回家经过漓江

大桥时，常常有我方的飞机在宽阔的漓江上空作飞行练习，作出各种翻滚特技，多是机头画着鲨鱼牙齿“飞虎队”标志的美国P-40和P-38战斗机。每到这时，都使我长时间驻足观看。在家中院子里我抬头仰望，可以见到“七星岩”悬崖边的鹰群在翱翔，我常常畅想，有朝一日我设计的飞机要像这些鹰一样比翼长空、御风破雾、追日耕云。

我寻找介绍航空知识的书刊贪婪地阅读，不放过参观飞机模型展览的机会。初中的墙报要我写稿，我便写了一篇“飞机的三轴操纵”的心得，这可以算是我写的第一篇“科普”文章。我还常在练习簿的空白处画飞机图样，向同学们“宣布”：我将来要设计飞机。

后来日本又进攻桂林。我们全家逃难来到广西东部的乡村，学校也因战乱而停课。我用农民赶集的“墟场”上买来的牛皮胶，粘合一些木条，蒙上旧报纸，用自行车的废胎剪成橡皮条作动力，制作模型飞机。从制作中我熟悉了飞机的结构，不断积累了一些知识，更重要的是使我不断在考虑如何利用有限的条件去实现心目中的要求，这种锻炼得来的收获是我一辈子都享用不尽的，永远在探索中感到趣味无穷。

少年时的经历，磨砺了我的性格。使我形成了将来要为中国设计飞机的志向。这有如一股汹涌澎湃的巨浪，时时奔腾在我的胸怀，又似一粒深深埋进土地的种子，注定了我一生与航空事业的不解之缘。

家教和课余活动

战争中的颠沛流离，使我断断续续读过五所小学，幼年教育很多是从父母的家教中汲取养料的。我读过两个省份的四所中学。这四所中学今天都已经成为名校，各有优良的传统。但是我随家迁徙频频转校，使得我没有被塑造为某一种标准模式的传统毕业生，却有机会领略到不同学校的教育风格。

我的父亲在出国留学前在上海同济大学是学校足球队的队长。他很崇尚一种生龙活虎的生活态度，对子女很强调户外活动。假期中他每天亲自带领我和弟妹做早操，逃难期间也不中止。他要求我们在学校参加各种体育和其他群体活动。比如我和妹妹刚学会游泳，父亲就要求我们去参加游泳比赛，结果得了倒数第一名，我们觉得丢人现眼，而父亲却认为名次无所谓，参加比赛才是理所应当。他督促我们在和同学们互相激励中成长。

父亲对于我的课业，父亲并不强调对我简单地传授知识，而主要

扮演的是教练的角色，着重告诉我方法，督促我自己去艰苦操练。

他见过世面，很讲究工作方法和效率。比如我按他掌握外语的方法学习英文，使我一辈子的学习和工作得益于外文基础的扎实。他知道绘画对于开发想象力和工程设计能力的重要性，小学时每逢假期，父亲对我布置的每日作业是：五道算术题、写日记一篇、画图一张。

父亲对完成这些作业的要求，是既宽松又严格的。宽松得几乎没有边，但严格处又好像没有什么道理。在给我指定数学题时，父亲对应用题特别重视。一些可以用图形表示的题目，比如乘坐不同交通工具一定时间后旅行的总里程数，或者在指定长度或面积上按一定间距种树的株数，都要求一定要绘出图形来理解题意。父亲的这种训练使我解应用题的能力特强。以后长大了从事技术工作，也是擅长为复杂的问题拟出解题方程。

每日一篇日记，对小学生成为一种负担，因为日常发生的事并不复杂，要求每天都写便没有那么多事可记。于是我便变出一些花样，甚至写一篇幼稚不堪的“小说”来代替日记，父亲对此也不持异议，只为我改正一些错字。我也曾经用一张大纸来出自己的“报纸”，按照正式报纸的路数，每段新闻用“路透社电”“法新社电”“美联社电”等作为开头，来写一些我见到的周围事物的报道报道，如我来到父亲工作的工厂，看到了车间里正为抗日前方铸造手榴弹的情形，以及夏天来了，“今天妈妈在床上挂蚊账”或“今天妈妈给小弟洗澡，小弟一面玩水，把水都溅到盆子外面了”等生活小动态。父亲不但不指责我的出版事业，反而请他的一位做编辑的朋友专门给我这个小学四年级学生作写作辅导，他看过我的“小说” 和“报纸”，有针对性地对“报纸的排版”和“小说中的对话要求”作过个别讲课。我第一次听到写作方法性的启蒙，简直闻所未闻，感到收获巨大。这种早期写作训练使我以后对提笔写些什么不再存在任何恐惧。

对画图一张则更是宽松的，随便画什么。幼儿画图喜欢临摹书上的插图，但这一点却被父亲严格禁止。他要求我画见到的任何实物，也可以画自己的想像，但决不允许照着别人的画来画。我长大后才领悟到，父亲这是掌握了绘画的真谛。临摹只能提高复制的技巧，只有素描才锻炼了观察和取舍的能力，而想像画则更培养了构思的创造力。

我小学时读《三国演义》，对诸葛亮发明木牛流马十分赞赏，便特地回过头去细读第一百零二回。这一回里诸葛亮对木牛流马的构造作了详细说明，描述了各零件的形状是方是圆，尺寸大小精确到寸。我很想照样子造出一两匹来玩玩。不料仔细研读了诸葛亮两大段文字

以后，仍然一头雾水。长大了我才知道，木牛流马是什么不但我没弄清楚，天下也没有一个人能讲明白。一些人猜测说，可能就是独轮车云云。

幼时“探秘”碰壁，固然因为《三国演义》是小说，当不得真。但是也使我悟到，仅用文字和数据很难表现出复杂的结构，哪怕一辆独轮车。而意大利的达.芬奇五百年前设想的飞行器，是用图画表现的，人人一看都明白那是什么。可见要表现机械，图形比文字来得明朗清晰。我觉得我后来的工程实践中，很大程度得益于自幼对图形的熟悉。

我的母亲朱启畴是早期女子师范的学生。回想起来，我很惊奇在“五四”运动前后中国初步接触世界先进文化的“启蒙”时期，她怎么会学到那么多后来的学生很少接触到的东西。比如她可以向我讲修辞学，她也懂心理学，还懂得逻辑上的“归纳法和演绎法”。她读过不少中外名著，会唱很多著名的歌。母亲对我的影响，偏向于文学艺术，及人格塑造等人文方面。

母亲是我心灵上的朋友，也是我精神的依靠。自幼母亲对我人格的发展期望很高。我心里有什么事也总找母亲谈心。她的分析和期望一直是我前进的动力。在我幼时的家教中，父亲扮演的“严父”和母亲扮演的“慈母”角色，都很到位。

由于父亲的工作地在工厂，我的家虽经多次搬迁，但基本都住在城镇的郊区。我的少年记忆中有很多是广阔的自然景色。我家在湘西的辰溪时，湖南大学还有桃源女子师范学校也迁到了辰溪。父亲的一个堂弟在湖南大学读书，周末常带一些同学来玩。同学中有人的女朋友在女子师范上学，这样便又带来了一批女学生。我的父母在见解上很开明通达，所以，每个周末都有不少青年学生乐意来到我家来相聚。战争时期一群远离家乡的青年学生在穷乡僻壤的一所陋室的聚会，成为一道很独特而有韵味的风景。

这些学生们高谈阔论，议论抗日时局，向我父亲讨教学习方法、和我母亲讨论世界名著（记得屠格涅夫的《罗亭》曾成为讨论焦点）。我则和理工科的大学生竞赛智力游戏。在我的回忆中，这一段生活充满着青春活力和智慧，也充满着文化气息。

我自幼对机械很爱好。小学时，附近一个仓库里存放着一台发电厂备用的发电机，由一部四个汽缸的内燃机驱动。这台内燃机个头很大，每个汽缸都比一个人高。

一次，这台机器进行定期开车检验，主持这项试验的是发电厂一位姓常的工程师。我是一个小学生，站在一旁观看了启封开车的全过程。常工程师在大学读书时常来我家，知道我对机械构造有爱好，因此在指挥间隙给我讲了一些这部机器的主要构造和工作原理。

当我问那只巨大的飞轮有什么作用时，常工程师告诉我说，飞轮以其转动惯性来平衡汽缸内燃料间隙性爆燃时的冲击。它在活塞受到冲击时能吸收能量，而在活塞没有燃气推动时则释放出能量。这种解释对于一个小学生要彻底理解还有些吃力，但我似懂非懂地接受了。

我在小学毕业离开的时候，请这位常工程师给我提写纪念册。他记起那次给我讲解内燃机的事，写道："希望你今后做一具能够吸收、也能放出能量的飞轮！"

以后我在中学时仔细读了一本关于汽车构造和维修的书，以至我可以和一些懂汽车的大人谈汽车构造。航空活塞式发动机也是同样的工作原理。所以我在大学学习航空工程的时候，对于活塞式发动机的构造知识早有准备。我也常从当时的一些科技杂志上阅读电机、机械、甚至水雷的敷设等知识，对于一些机械的构造深感兴趣。

此外，我幼时还特别喜欢"小制作"。当时抗日战争的环境使我不可能有像样的玩具。小学低年级的时候，我从农村烧火收集的树枝中挑选形状合适的枝丫，用柴刀截断下来制作我心目中的枪支，便成了我的玩具。我为此十分得意，因为是我自己做的，乐在其中。

我在小学低年级时听说煤是木材埋在地下形成的，便带领弟妹在家门外面挖坑埋木做试验，直到被大人知道后才指出煤必须要千万年才会形成。知识的欠缺不应该得到嘲笑，因为那只要补充就可以充实的。我至今认为一种总是跃跃欲试的精神是相当有益的。小学时我还用小罐在火上去熬稻草等纤维材料想要"造纸"。

初中时我将牙膏皮熔化来铸造小飞机模型；从工厂的废料堆检来铁管，拆开爆竹取出火药来造火药枪；用电线在我睡的床周围拉上线形成"电网"，用乾干电池向电网供电来点亮灯泡。我制造简易的手电筒；用手绕线圈来制造电铃。 我曾用坏掉的电灯泡，取掉芯子之后，当作"烧瓶"来制氢。我把这球形的灯泡充上水后，发现原来又是很好的透镜，便用来制作幻灯机，将自绘的图形放映到墙上。我甚至一直努力想制造活动电影机，但因为无法获得齿轮等精密零件而没有成功。

这些制作没有一件是按照现成的图纸制造的，而都是就地取材，

千方百计地因陋就简来作出自己的设计。许多儿童都有抓起就手的物件来玩耍的天性。很庆幸我的周围没有某种“道学”气氛对我总是跃跃欲试的劲头斥为幼稚，反而因这些活动而受到父母和工厂人员以及 来到我家的大学生们的赞扬和鼓励，使得我的这种小制作爱好竟然从学龄前起持续到高中，对我的以后的性格和思维习惯刻下了印痕。

我以后遇到过不同行业内的一些“能人”，他们不同于许多“条件论者”的地方在于：他们总善于在平凡的条件下做出一些不平凡的业绩。我觉得他们往往都保持和发扬了“富于创造性的童年”的特质。每遇到这样的人，我总是很容易与他们沟通，并感到有共鸣。

最初的艺术熏陶

少年时，我还有一些与艺术初步接触的机会。

小学时在湖南桃源，我曾遇见了一支由少年组成的抗日宣传队。以后在辰溪又遇到了一支由成人组成的抗日宣传的演出队，我的母亲与他们中的一些成员还有一些交往，使我得以从近处接近这些文艺队伍，对我幼小的心灵进行了最初的文艺陶冶。

进入高中后，我参加了学校的话剧活动，在整个高中三年中，课余的戏剧活动成为我学校生活中的亮点。

当时广州，香港，以及“文化城”桂林先后沦陷在日军手中。有一批文化人从这些城市逃难到了我家当时所在的桂东小镇“八步镇”。他们组织了一个剧团在镇上演出话剧。他们中有的有很深厚的戏剧或电影的家族渊源，能在舞台上从容发挥气概万千，也有的具有非常好的艺术素养，能够把各种完全不同的角色个个演得精彩绝伦。他们演出抗日打鬼子的活剧，也演出一些世界名剧，如罗曼·罗兰的《爱与死的搏斗》、俄罗斯的《大雷雨》和《复活》等。我去看过这些演出，深深被名著的艺术感染力所震撼。

后来我所就读的高中与这个专业剧团合作演出多幕剧（曹禺的《蜕变》和俄罗斯果戈里的《钦差大臣》）。老师指定我和几个同学也参与演出扮演剧中角色。一般中学生演剧只是在台上装模作样地装扮他们不可能成为的人，进行着一些他们不可能从事的活动而感到一种模仿的异样愉快。而我在接触到这些演艺高超的演员们后，生出一种感觉：舞台上表现的总是人生中波澜壮阔的断面，往往是生活中最尖锐的冲突、最激情的瞬间。而一个演员的最大的享受，是在规定的场景和人物的框架中最大限度地激活自己的想象，来进行一场情绪的宣泄。

所以我演果戈里的《钦差大臣》、演翻译的独幕喜剧《少女的心》、《会客室的风波》，还演多幕大型抗日话剧《山城夜曲》等等，都对角色进行了痛快淋漓的演绎，从中感到很大的满足。这在我的中学生活中是一种很难得的文化实践。我从高一开始参加演出，学校在全校参加演出的同学中，惟唯一对我的舞台活动进行了奖励，给我的奖品是一本《论演员的自我修养》。这本书简直让我大彻大悟。后来我才知道原来这是苏联斯坦尼斯拉夫斯基的戏剧名著，居于世界戏剧界一个重要的理论学派。我很喜欢这本书，它使我以后在舞台上

更加自如地发挥。

我当时的年龄在同班同学中最小，个子还没有长成，身体瘦弱，平日里我是一个怯生生尚未长成的少年，显得没有自信。但是我到了舞台上便能叱咤风云，得到当时老师和同学们的一致赞许。在16岁离开高中之前我扮演过少年、中年、老年，以及外国人（波兰历史剧《晚祷》中外国的正直议员）等不同角色。偶尔在街上遇见邻校的女学生们，她们认出我就是那个在舞台上活蹦乱跳生龙活虎的低龄学生，便一面窃笑一面惊奇地指点着互相告诉，给我小小的虚荣心一点异样的满足。

考取清华大学以后，父亲知道我喜欢小提琴，就买了一把练习琴作为对我的奖励。我便提着琴盒北上到了清华，从此告别了戏剧舞台，业余文艺活动转向了音乐。

那以后，我在从事物质生产的工厂工作，对文化的爱好使我获得很多友谊。在各种环境下，工人朋友有的在共同试制新飞机时和我合作默契，有的在政治风浪中给我精神上的支持，其中有的过了几十年还有联系。也许广义的“文化”有一种亲和力，使我拥有了一些不可多得的朋友。

文学和戏剧成了我终身的爱好。在东北飞机工厂的15年中，我是业余文艺活动的积极参加者，并始终保持着对艺术的爱好。我从飞机工厂出差或南下探亲经过北京时，总希望在路过北京时能碰到三个机会，一是看一场话剧，二是听一场交响音乐会，三是看一次油画展。此外，舞台上对情节“戏剧性”的体验对我的文学创作也有帮助。我还常在写作小说角色时运用“斯坦尼”体系去揣摸当事者内心的“潜台词”。

文学艺术对我心灵的陶冶净化有着潜移默化的影响。中外古代神话传说中开天辟地的英雄伟绩，如“夸父追日”，“女娲补天”和普罗米修斯“盗火者”的艰苦卓绝，都深深触动了我少年时的心灵。贝多芬身为音乐家却聋了耳朵、仍然创作出那样辉煌的乐章；布鲁诺提倡“地动说”而遭受火刑，刑前仍然声言“但是地球仍是转动的”，那种坚韧不拔，使我深为震撼。许多中外名著中塑造出的形形色色的人物展示出的人格万象，使我在判断人们的行为和心理以及确定自己的举止时树立了参照系。

对文学艺术的爱好，使我对创造无比崇敬和向往。我相信文化是不断创造才具有充沛的生命力，而决不愿相信仅靠重复堆砌陈旧的东西会形成文化的繁荣。这使我在以后所有的活动中，不论是科学理论

研究、工程设计以至于业余的文学音乐和美术活动中，都非常追求发挥创作能力，几乎成为一种性格特征。

抗日战争中的血与火、逃难中的颠沛流离、父母的关心和呵护、学校老师的启发和鼓励、幼小心灵中的隐藏的雄心壮志、和富有色彩的精神生活，交织成了我错综斑斓的少年时代。

二、进入航空世界

当头棒喝被劝说离开航空

我现在只要闭上眼睛，仿佛就能看到我17岁时独自到北京、初进清华园、来到有“清华学堂”几个大字的一院大楼去报到入学选课的情景。

1947年是我在高中最后一年，从介绍大学的资料中知道了远在北平的清华大学是中国第一所建立航空工程系的大学。我便报考清华大学航空工程系，并且被录取了。

同时我也被上海的大学录取，但不是航空系。有的长辈对社会情况有更多了解，曾劝告我说在当时的中国，学习航空的前途并不好。我的家在南方，当时北方被认为是局势不稳的地区。在我面前出现了岔路口。如果当时我选择了另一所大学，另一个学科，那么我会有一个完全不一样的人生。

可是，凭着多年来树立了要为中国设计飞机的意愿，我坚决北上。

我满腔兴奋地进入清华园，几天后便参加了欢迎新生的座谈会。当时北平尚未解放，航空系系主任介绍本系情况说：中国的航空事业的发展势头很微弱，学航空的学生毕业后很难找到合适的职业。他建议志愿学习航空工程的新生最好考虑转到其他科系去。

这对我简直是一声当头棒喝！

应该说系主任说的是事实。第二个学期果然有一些同学转到了其他院系。有一位同学转到了建筑系，他看到我平时对艺术也很有兴趣并有一定基础，曾竭力鼓动我也转到建筑系去，他认为那是工程与艺术结合得很好的领域。

但是，想到在学龄前就开始向往征服天空，想到在国难当头期间亲历的那些血与火的苦难，我从悲怆积愤的历史中树立起来的豪情壮志，难道就这样放弃了？

铁定不移，我要设计飞机！

凭着这一份执着，我坚持继续学习航空。我们这一班留下来大约有30多个同学。当时我想，哪怕只留下几个人，我一定要设计飞机，无怨无悔。

航空专业是在20世纪飞速发展起来的领域，它的前沿阵地不断在向前推进，理论含量在工科各专业中当时是最高的。在上半个世纪，中国学习航空的学生到国外去，个别人在单科性理论研究上有所建树，获得了世界性知名度，成为不少学习航空者的仰慕对象。有的人是被航空理论发展的潜在空间所吸引，希望将来成为一位学者。可是我希望设计飞机，坚定地选择了留在航空系就读。至于将来是否会真的遇到设计飞机的机会，我想也没有想过。

孕育着腾飞思绪的校园

来到清华注册入校的时候，我看到清华有一个“音乐室”，有音乐课程可供选修，但是不计入学分。清华大学从来没有音乐系，但是清华出过不少音乐家。比如在中国音乐史上有过重要贡献的赵元任、刘半农等，都是清华毕业生。清华大学音乐室开设了一些音乐课程辅导爱好音乐的学生。当时的音乐室主任张肖虎教授，本是清华土木系毕业，但成为了著名的作曲家，新中国第一部舞剧《宝莲灯》就是由他作曲的。

我在中学时便很喜爱音乐。这样，我除了航空系新生的必修课程之外，还选修了音乐室的小提琴和“和声与作曲”的课程。可以说我在进入清华的第一天，在注册选课的时候，同时进入了航空和音乐两个殿堂。航空技术成为我终生的事业，而音乐则成为我终身的爱好。

除了课堂、图书馆，和设在灰楼的音乐室之外，我最喜欢的地点是航空馆后面一块放置旧飞机的场地。这里存放的几架飞机的保管状态都不够好，显得破烂陈旧。但这一点也不妨碍我观察飞机的各部分构造，并烂熟于心。我还随同带课的老师乘卡车到南苑机场去运回一架报废的二战时加拿大“蚊式“战斗机。

对工学院一年级学生来说，第一个克星是“画法几何”这门课程。我在绘画中的素描训练，使我对空间关系有一种直感的领会能力，对复杂的图形问题能够很快看出解决的途径。所以我学这门课没有感到困难，反而解题特别快。

在机械实习中，我被指定为小组长带领几个同学拆卸一台小功率内燃机，然后再把它装起来。我对内燃机的构造很熟悉，并且丝毫不

怕油污弄脏了手，拿起工具就很利索地动起手来。这个作业使我感到十分淋漓酣畅。在二年级的电工实习中，要求在最短时间内完成复杂的空间接线作业，空间思维能力使我能作出迅速反应。带课的助教趁我不注意，恶作剧地藏起我必须使用的一根导线，让我在寻找这根线中耗去一些时间，使我不能达到超纪录的时间，最后还诙谐地指出我的毛病："要注意保持各种器件就位！"

我对音乐课程很投入。对张肖虎教授的"和声与作曲"课，我努力作了许多习题。

1947年，我17岁进入大学一年级时，在清华管弦乐队演奏第二小提琴。指挥是张肖虎教授。我们排练的主要曲目是舒伯特的《未完成交响曲》，也排练过张肖虎作曲的《木兰从军交响诗》及西洋音乐的管弦乐序曲或乐章。选《未完成交响曲》大概是因为该曲使用的乐器符合我们乐队当时的编制，如有双簧管、单簧官管、法国号及大管等，并且此曲演奏技术的难度我们乐队勉强可以胜任。此曲以其忧伤感人的乐调载入世界音乐宝库。舒伯特英年早逝，作品以残缺的乐章流传下来成为一部独立的名曲，这在某种程度上更加重了它的悲剧性。每次排练，我都要用心灵感受一次那充满忧患的乐句轮换在全乐队及双簧管、大提琴和圆号间的应答。

大学二年级开始时，我去参加管弦乐队每周一个晚上的集体排练，很惊奇地看到新来一位身材修长的少女，安祥安详无声地坐在漆黑亮堂的钢琴旁。我记得当天她穿着一件素雅的旗袍，显得分外清纯。指挥张教授宣布：我们今天排练贝多芬的《第五钢琴协奏曲》，给乐队每个成员发下分谱，便开始奏起乐来。

我只觉得曲调分外富丽堂皇，后来才知道，此曲有一个名称叫"皇帝协奏曲"，指它的气势磅礴。乐队用浑厚的音响奏出洪亮的和弦，然后到了钢琴华彩乐段的大段独奏。乐队队员全体放下乐器，惟有唯有独奏钢琴奏响。乐团每人都目不转睛地盯着眼前的分谱，聚精会神地听着钢琴音符在整个键盘上翻滚，那气势真可谓辉煌。

我奇怪钢琴手那样纤弱的身子怎么能奏出如此雄浑的和弦，不禁斜眼瞟了一眼奏琴者。只见她因兴奋而将一张清秀的脸涨得通红，手指在白色的键盘上飞舞着，音符有如瀑布般壮丽地奔泄泻而下。然后，音乐进入清纯的乐段，声音有如泉水叮咚般地脆响，优美至极。这自然是贝多芬的大手笔才能创作出如此令人震撼的音乐效果，但是钢琴手完美的演绎，也使大师的乐思得以充分展现。

以后在一次乐队新老队员的联欢会上，听这位钢琴手自我介绍，

才知道她一年级在隔壁的燕京大学读数学系，二年级才转学到清华大学的外语系来。这里估姑且称她为“佳眉”，这不是她的本名。佳眉说话的声音极好听，她一开始说话，周围的所有嘈杂声便都停止了，连很远处的人都静下来听她说。

当时清华管弦乐队中，已经有过几位女乐手，如长笛手，第二提琴手，还有演奏定音鼓的钢琴手等。但是这位新钢琴手一出现，立即成为全乐队关注的中心。此后每逢在灰楼音乐室二楼大教室的例行排练的日子，不少平日并不参加音乐活动的各系同学也坐到大教室来观看。

随着我学习小提琴技艺的进步，我在乐队里很快被调换到改拉第一小提琴，并不久担任了首席提琴手。

开国大典之夜的飞机灯

大学二年级时，有一天我们正在航空馆的教室上课，突然不远处枪声大作。上课的老师也愣了一下，接着继续上完了这堂课。原来这是解放军已经打到北平郊区。清华园比北平城提前得到解放。后来才知道老师是地下工作者，对于将要发生的事早已接到了通知。

一天，北京西山脚下西苑机场的油库焚烧起来，冒出的浓烟在铅灰色的天空上展开，像一座黑色的山脉似地横亘在清华园上空。我从未见过人为产物具有这样巨大的体积。几天后，天空压顶的黑烟终于散尽，换了一个天空。当时一些家在南方的同学纷纷返回南方。但是我坚持留在学校迎接了解放。

有一次我从大饭厅出来，看到一架打开着舱门的运输飞机飞来，飞着飞着掉下一个黑点，不久便传来“轰隆”一声的爆炸声。这是国民党用飞机轰炸清华园，使用的是从运输机的侧舱门向外扔炸弹的原始办法。轰炸的过程正好被我目睹。

新中国成立了。留在清华的全体师生的队伍参加了开国大典。大典后有盛大的提灯游行，各机关团体学校都制作了大灯笼。清华航空工程系的师生讨论说，我们做一盏怎么样的灯笼？

最后统一的意见是：我们学航空的，要造一架从未有过的飞机灯！这代表我们的专业，更是我们的热切的志愿！航空系从各班抽出人员合作制出了一架很大的“飞机灯”，我被班级推派作为代表参加了这具灯的制作。这架纸飞机的结构也不是按一般灯笼制作的，在某种

程度上体现了飞机的实际构造。

开国大典之夜，长长的游行队伍点亮了各种灯笼。蜿蜒通过天安门前，流进了北京广大的市区，形成一条长长的火龙。我们航空系制作的这架由一辆推车载着的尺寸很大的纸飞机在天安门前众多的灯海中大放异彩。通过检阅台时，受到天安门上国家领导人的鼓掌喝彩。我们体会这不仅是对这盏灯的创意和工艺的赞扬，也是对这群莘莘学子热情洋溢的意愿的肯定。在北京市内通过各条主要街头游行时，无处不受到万人空巷的群众热烈的掌声。当群众看到“清华大学航空工程系”的大横幅后面，就是一架在高处的栩栩如生的巨大的飞机灯时，有人对游行队伍高喊：“希望你们以后设计出真的飞机来！”我走在队伍中，听到这话不禁喉头哽塞，热泪盈眶。

今天大概很少人知道，新中国第一架自已自己设计的飞机是一架纸飞机，是一只飞机形状的纸灯笼，出现在共和国成立的第一天。这丝毫不带任何嘲弄，而是一个象征，是一种汹涌的建设热情的表述。

三行字的“论文”

从三年级开始，我成为当时学校的“三大指挥”之一，担任清华管弦乐队的指挥（其他两位都来自物理系，分别是军乐队和合唱队的指挥）。佳眉参加了我主持的每一次音乐活动，后来，她成为我的初恋对象。在全乐队的集体合奏之外，我和佳眉开始每周加一次练习莫扎特的《小提琴奏鸣曲》。这是一本专为小提琴和钢琴合奏创作的名曲集。曲中小提琴和钢琴乐句一直在互相对答、交流、朗声地宣布音乐主题，又和谐地烘托、在细语中争鸣。音符的冲撞和交融此起彼伏，时张时弛。我们合奏之后，有时也彼此展示一下在各自乐器上得意的曲子。

我这时才知道，她读中学时师从一位著名钢琴教育家，高中毕业时便举行过钢琴独奏会，节目单上所列曲目的艰深和经典令人瞠目。我们的音乐交流每到夜深人静。然后我陪她穿过漆黑的校园，送她回静斋女生宿舍。一路上，不免谈些儿时趣事，学习状况及对未来的憧憬。

她在外文系学习英语和法语，成绩名列前茅。此外更有一个特长，非常奇特甚至不可思议，就是她的中文根底深厚。这种特点一般在印象上与“老气横秋”相关联，却与她年轻文静的外形很不相符。她说是由于个人爱好，自幼便翻看了不少家里父辈收藏的古书，不但读过《论语》、《孟子》、《古文观止》等常见的经典，还涉猎过诸子

百家，读过《左传》《二十四史》等大部头，所以对古代的诗词歌赋固然十分娴熟于心，她还能谈老庄哲学和很多历史典故，还能谈梁启超、康有为和谭嗣同等中国近代思潮。她对我的航空专业并无多少了解，但觉得一个工学院学生能喜爱文学艺术，能兼通文理是很不错的。以后很多年她一直强调教育的狭隘不利于文化的发展，经常表现出对中外古今某些博学者的高度崇尚。

我很喜欢的是她具有很深的文化底蕴。她有一种并非由学校的标准课程造就的人文气质，对事物能有敏锐的感受，独立的洞察思辩和表述能力，带有某种原创性，而不是复述性。此外，她有着很热烈的对事业的追求，使我很赞赏。但我觉得她自己并不十分清楚她的价值所在。我们最常谈起的是我们对未来的期望。我们都热望能畅快无憾地为热爱的事业消费自己的生命，为此不惜舍弃已有的一切。这是很大的共同点，我们为此而互相欣赏。

我到图书馆去做理工科的功课时，每当时间长有些疲倦了，便到文艺阅览室去随意翻阅作为调剂。一次我偶然读到一篇关于二次世界大战期间一位盟军飞行员和他的未婚妻的小说，内容既壮烈又缠绵悱恻，很令人感动。于是和佳眉在校园内散步的时候，在体育馆的喷水池旁，我给她讲了这个我认为很不错的故事。不久她告诉我，在外文系的“随口讲”的课堂作业上，轮到她时她便登上讲台用英语即席讲了这个“蓝色的丝巾”的故事，受到老师和全体同学的赞扬。另一次，她交给我一本英文小说建议我读一读，其中有一章讲到主人公在音乐会上听到贝多芬第五交响曲第三乐章时的感受。据说就是因为这一节对音乐的独到而精辟的描写，使该作者被授予音乐教授的称号。

我和佳眉的关系，当时在大学校园里我所在的工学院和佳眉所在的文学院以及其他学院被众人所关注。

学业方面，教我们“材料力学”课的是当时的“才子型”年轻教授钱伟长，他少年时本来想学文科，所以很富文采，但转学理工后取得很大成果，在美国参加过最早的火箭工程。他在学校以教师身份参加运动会，在运动场上也是生龙活虎。

三年级时课程转入航空专业。我很喜欢“飞机空气动力学”、“飞机结构力学”和“飞行力学”（操纵与稳定）这样的课程，大概因为直接关系着飞机设计。

当时给我们上课的教授们中，讲“结构力学”的王德荣教授，在我还只有7岁时他便获得了英国伦敦大学帝国理工学院的硕士学位。我毕业离校十几年后参加一次他主持的航空学会，我没有想到，这么多

年后我这位老师还对我的名字呼之即出。

教我“理论空气动力学”的是一位女教授陆士嘉，当时30多岁，是中国第一位获得德国洪堡基金的女博士。她有一个显赫的师承关系：她是世界航空学“祖师爷”级的德国普朗特的惟唯一中国学生和惟唯一女学生。所以从辈分讲，她是美国顶尖级空气动力学家冯·卡门的同辈，因为冯.卡门也是普朗特的学生，而中国的大师级科学家钱学森则是冯·卡门的学生。陆教授以后曾作为我国科学界重量级人物参加国家代表团出国访问，显示我国深厚的科学根基。我在离校25年后在一次航空学会上再次见到她，前去问候时，她清楚地记得我，我奇怪她的记忆力这么好。

陆教授的丈夫张维教授也从德国回来，当时同时开了“材料力学”的课。钱伟长教授讲力学以数字的推演思维见长，而张维教授讲课则强调物理概念。所以我常常两边换着听讲。张维教授以后曾长期任清华大学副校长。50年后，他还非常关心我国航空事业的发展，以科学界知名人士的身份多次参加高层讨论会，我遇见他时，特别注意保持学生的姿态向他介绍情况，回答他的问题。

教我发动机课的是宁幌教授，我还是10岁的小学生时他已经在英国（气）牛津大学获硕士学位了。给我们上课的还有沈元教授，他是英国的博士，当时刚回国不久，据说他是英国航空学会最年轻的会员。新中国成立以后他曾任中国航空学会每一、第二届理事长很多年。

屠守锷教授曾在美国麻省理工学院获博士学位，以后曾在美国飞机工厂担任工程师，所以他的经历中有更多的“工程”的体验。我毕业离校后，他被调往火箭和航天部门，担任了我国好几种火箭的总设计师，成为我国航天事业建设的有功之臣。

半个多世纪之后，我浏览《中国大百科全书》的航空航天卷时，看到这些教授对中国航空的贡献赫然留名后世。我不禁想到：由知识传递的路径，可以清楚看到中国航空科学思想发展的脉络，它的主流来自世界科学发展的浩大而丰富的源头。

当时还有徐华舫、赵震炎、曹传钧、何庆芝、张锡纯、董寿辛等老师给我们上过课，后来他们都成为教授，在航空教育岗位上一生勤恳耕耘。

我在学习上还遇到一件小事。一次上课，一位年轻教师讲到一个飞行力学问题时，在黑板上写下了一个相当长的积分式。这定是他从

一本外文资料中摘录下来的，至于式子的物理意义，他并没有深究。不料一个同学提问：式子中各项代表什么意义？年轻教师一时语塞了，只说，这个式子照用不误就可以得到正确结果。

我坐在课堂里，细看了黑板上的公式，忽然明白了它的道理，便从笔记本上撕下一张纸，写了三行字："老师，我认为这个式子的第一项代表什么，第二项是其改变的贡献，乘以第三项则是什么什么……"下面署名。下课走过讲台时交给了授课老师，请他指正。

以某些世故的眼光来看，这也许有逞能叫老师难堪的味道。20岁的我不会有周到的考虑，只不过直率地表露对科技问题的看法。可贵的是，这位教师丝毫没有计较我"方式不妥"，而是课后把这三行字纸条张贴在布告牌上，作为对同学提问的答案。

这三行字，便被同学们戏称为我的"第一篇论文"。

对这位老师，我还有一段不敬的过失。当时在大学上课，没有课本也没有讲义，全凭老师在讲堂上讲，学生在下面记笔记。这种教学法有一个很大的优点，就是学生必须认真听讲。听懂了多少，吸收了多少，完全靠自己。但是这位教师出于对学生负责，上过几周课以后，要求大家交上笔记来，检查一下教学效果。这是我在大学里遇到的惟唯一检查笔记的例子，却使我犯了难。

原来我在课堂上目不转睛盯着老师在讲台上说话，久而久之对老师面容的五官配置留下了印象，便在笔记的空白处给老师画了一幅像。我万万没有想到老师会检查笔记，想撕下有画像的一页，但这样就会使笔记不全。最后一咬牙，将笔记本原样交了上去。

后来笔记本发还，老师给了一句批语："从你的笔记看来，你上课好像有点不够专心，是不是？"最后"是不是"三个字的委婉修辞，使我感到了老师的宽容，不禁内心歉然。

约30年后，我已经成为一名飞机设计师，于1979年10月被邀请去一个城市的航空学院校庆大会作技术报告。会前我正坐着和一个熟人高谈阔论，忽然一位老者过来站在我跟前，说："你不是谁谁谁吗？我是某某某。"原来这就是那位老师，已经成为著名航空学教授，并且担任了另外一所航空学院的院长。这么多年过去了，他的头发掉了不少，我第一眼没有认出他来。我原不知道这位老师也会来这里参加会议，也不知道他还记得我这个学生的名字。及至认出，我"腾"地跳将起来，忙不迭连呼"老师"不止。

又过了15年，一次我去一所大学作“飞机总设计师的工作方法和素质要求”的讲座，这位老师在这所学校当过院长，知道我来，招待我到学校的餐厅吃了一顿饭。我始终没有敢问他记不记得我给他在笔记本上画过像。

解放后，飞机再次飞临清华园的上空。那是解放军新成立的空军在练习，不知为何选择清华上空作为翻滚腾跃的空域，煞是壮观。不少同学都驻足翘首观看。

我当时正在场，仰着脖子看得忘乎所以。后来我向一位同学讲起今天下午有飞机在运动场上空飞行，他对我笑说：“我也看到了，当时你兴奋地大叫：俯冲！……拉起！……斛斗！”我茫然看着他说：“我叫了吗？我叫了吗？”也许我真的情不自禁地失态了。

但是，中国的航空事业当前究竟是什么状态、以后怎样发展、我们毕业离校后工作将是怎样的环境，我们却是心里一点数也没有。心中朦胧地怀着对未来的希望。

在废墟上铸造辉煌

21岁时我大学毕业。我们是四年本科正式毕业的最后一届。我们的下一届的班次便有了三年“提前毕业”、大学院系调整等一系列的变故。

我们这一届毕业生，离校后立即投入到20世纪50年代开始的建设热潮之中，在不同的岗位上、不同的环境中发挥各自的光和热。作为一名工程设计人员，我个人的历程只是时代的一朵小小的浪花。

我毕业后的第一份工程，是设计新中国第一批航空工厂

新中国在1951年建立航空工业，首先需要建立生产能力。我们正在这一年毕业，全班30多个同学约有三分之二被分配到重工业部新成立的航空工业设计处，形成了设计处的主力。大汽车把我们拉到重工业部，在北京前门外“打磨厂”租下一整座旅馆，供我们这批刚毕业的学生居住。打磨厂不是厂名而是街名，是一条以出售剪刀菜刀为特色的小街。在小街上可以看到著名的“王麻子剪刀店”的店牌，隔壁是“老王麻子剪刀店”，街的对面则是“真正王麻子剪刀店”，而对面的隔壁却是“真正老王麻子剪刀店”。我们每天穿过这条遍布王麻子的石板街去上班时，内心不免失笑。可见在世俗民间，将自己的劳动依附在别人的品牌上，靠“克隆”现成的产品来营生的行径很早便有，并且堂皇行

事，蔓延甚熾。

我们刚安置好行李，航空局的负责人段子俊便特地来到我们的住地，对这批大学毕业生投入航空工业的建设表示热情的欢迎。我们在楼下的厅堂里举行了欢迎座谈会。我被指定来“司仪主持”，散会时还由我指挥全体高唱歌曲。

我们的工作地重工业部则设在北京东交民巷。东交民巷在中国近代史上可是一个有着特殊地位的地方，解放前是各国使馆的驻地，中国人不得入内。东交民巷的西头，是以前美国军队的兵营。北平解放时，解放军入城就特地安排了军队的游行路线经过东交民巷，坦克大炮轰隆隆通街而过。我们到工作单位报到，就在东交民巷内的一个院落，据说以前是美国花旗银行。

我们第一天上班，看到办公室各处不少苏联人，很出乎我们的意料。

原来新中国建立后，中国领导人出访苏联，与苏联高层领导会晤，签订了“中苏友好同盟条约”。据说当时苏联领导人曾提醒中方：根据苏联在二次大战中的经验，在现代战争条件下要建立起有效的国防，空防的建设是必不可少的。而强大的空军需要强大的航空工业来支持。

另一方面，新中国刚成立，抗美援朝战争正在进行。国家的经济情况非常窘迫，百废待兴。据说要建设一条飞机起飞的跑道，就需要一卡车的黄金。面对国防建设需要和资金短缺的矛盾，新中国的领导下了很大的决心。我们听到传达说，高层领导说出了掷地有声的话：“哪怕把裤子当掉也要把航空搞起来！”

我在进入大学时发展势微的中国航空工业，就要大干快上，掀起改变历史的建设高潮了。

根据中苏航空工业合作条款，苏联派出了一个成建制的支援建厂设计的技术队伍。我们就是和他们一同工作。在我工作的设计小组里的苏联专家名叫沙文可夫，室主任是更老的专家杜波夫。沙文可夫很活跃健谈，而杜波夫则有些发胖，动作比较迟钝。但是他们到建厂工地去出差，杜波夫仍然和我们一起爬地沟作实地探测，表现出很敬业的精神。

新中国首批选定的三个飞机工厂的地址，都有一段不凡的历史。在东北的两座，一座曾是日本侵华时建的细菌工厂，另一座是日

本“满飞”所在地（“满州飞机公司”），抗日战争胜利后伪满“皇帝”被押解苏联的起飞机场。在南方的一座，则是在民国初期最早和意大利合资的飞机工厂，抗日战争中曾是中国空军的出袭基地，起飞袭击过江阴炮台等重要目标。但是也经受过日本飞机强行降落，用机枪水平扫射，拔去地面的军旗然后再次起飞的耻辱。

我们就是要在这样的负载着耻辱和血泪的地址上，建设起第一批现代化飞机工厂。

飞机工厂会是什么模样

和苏联专家一同工作，首先碰到中方技术人员和苏联专家的交流问题，那时中国学生学的是英文。

我是极偶然才学到一点可笑的俄文的。20岁在大学的最后一年，新中国刚成立。我们在大学里看苏联电影，看到字幕上有些字母是英文字母反写，觉得简直稀奇。不久清华大学的外文系开了一个俄文班。我出于好奇，便去俄语课旁听。教课的是清华机械系一位教授的德国夫人。这位夫人不会讲中国话，所以用英语上课。这样便形成（为）一道很独特的风景线：德国教授，用英语，向中国学生，讲授俄文。

不料我走出大学门，第一个岗位就是与苏联专家一同工作。这批大学生中，只有我一个人还算“旁听”过俄语，对这门外语不是一无所知。其实我只能在沙文可夫讲解飞机工厂设计事项时勉强听懂，最后答复他一个字：“好的。”但我模仿沙文可夫标准的莫斯科音调，这一个字便使他大吃一惊地说：“你的俄语讲得很好嘛！”

其实为每个专业都配备了专职翻译，都是刚从俄语学校毕业的青年男女，但是他们学的只是语言，对航空专业不知所云。沙文可夫的办公桌就放在我们组内，我们每天早上从互道“早安”到下午下班互道“再见”，成天在一起。他平日与翻译只谈一些有关语言或生活的话题，而周围的中国技术人员又不懂俄语，有关工作的事只有找我，逼得我努力自学俄语。

单位特地组织了俄文速成培训班，但有关学习提高的事，从来不派我去参加。我只能用同事们从“速成班”学来的一些方法，并且自己“创造发明”了一些方法来自学。比如，当时有一出苏联话剧叫《曙光照耀莫斯科》，正在北京上演。这出戏演出的围绕工厂产生的各种事件，正是我们每天工作要碰到的各种话题。我便买来俄文本及中文

本的剧本，先看中文本。凡看到可能在工作中用到的句子，就到俄文剧本中查出相应的说法来，把它记住，并且争取第二天就用上。只要用上一次，这句话就成为我的语库中的一部分，下次再用就很随意了。这样我的俄文进步神速，比那些经过一批一批培训的同事来，我仍然超前领先。

旧中国没有完整的航空工业，可以说就没有像样的工业。我们在第一个五年计划的工厂规划设计中，不但要作出设计，连许多名词都要新取。比如工厂的基本组成单位是“车间”和“工段”。飞机工业里哪有什么“车”，分什么“段”，那都是从中国最早的工业---铁道工业借用来的。

但是航空工业有许多特有的设施和装备却无处可借鉴。于是，只能根据所理解的情况来“创造发明”一些新的叫法。先由苏联专家说明这是什么东西，它的功用是什么，它的工作原理是什么。往往都是告诉我，然后我想出一个叫法来。比如航空工业特有的“落锤”、“点击锤”等等，都是我取的名字。以后我听到一些工厂负责人讨论问题时常常提到这样那样的设备，我不禁想，他现在讲起来这样顺口的这些设备名字，是由我最先写进设计图纸说明里的。

协助我们工作的苏联专家没有料到中国原有的基础这样差，所以并没有带来启蒙传授的必要图片资料，只有向我口头描述这些设备的特点。经过他们的讲解，加上回答我的提问，我逐渐才明白一些，便把我的理解绘出图形来，问沙文可夫是不是这么回事。沙文可夫有时说：“就是它！”有时更正一两处细节，致使我拥有了一套中国没有过的设备的自绘图形。以后沙文可夫与其他人交流发生障碍时，便召唤我说：“请把你的那些图拿来！”

这时我国土地上还没有真正的飞机工厂，这种工厂还刚出现在我们的绘图板上。

飞机工厂无疑有一般机械工厂都有的机械加工车间，热处理车间、铸工和锻工车间。此外飞机工厂的总装车间通常以面积广大并有很大跨度著称。总装车间通常设在机场旁边，以便装出飞机便可以投入试飞。飞机的各种部件如机身、机翼和尾翼，则由部件铆接车间提供。这些铆接车间装备着许多模样奇特而尺寸很大的“型架”，通常十分坚固高大。这种型架像森林中的大树一样分布在车间各处。

铆接的动力使用压缩空气。所以飞机工厂有很强大的压缩机房，通过复杂的管路系统向全厂供应气源。而压缩机机房外面，为冷却水而修建了喷水池，构成飞机工厂内一道颇有消闲意味的风景。飞机工

厂还必须有制造钣金零件的车间，就是用铝合金钣材制造各种形状的飞机零件，有些零件（如大张蒙皮）具有相当大的尺寸。钣金车间装备有各种冲床，各种敲打零件的冲击设备，和大功率的橡皮压床，以便成批地压制铝合金弯曲零件，并有许多修整零件的手工工作台。钣金车间通常离热处理车间不远，因为铝合金零件弯曲后需要用热处理变硬，但在时效期限内必须修整。而数控车间则通常有大加工台的机械铣床，以铣切大尺寸的飞机结构整体件。

这些构成了飞机工厂的特殊风貌。

欧几里得式的思维

我和同学们每天投入大量的实际绘图、布置车间、编写说明书等工作。在学校里我们并没有学过工厂的建厂设计的课程，在实际工作中逐渐学到不少东西。

过了一段时间，我不安分的大脑开始思考：这样一点一滴积累，还是没有搞清楚工厂设计究竟是怎么一回事。如果身边没有苏联专家现场指导，今天叫你设计一座工厂，你拿得起来吗？于是我几次向沙文可夫说，请他“系统地”给我们讲一讲有关工厂规划设计的问题。他同意了，但是每次他讲的，都还是我们每日遇到的这一些。

我出于长期接受的科学教育，觉得每一门学问，都是从现实现象中总结出几条根本性的内核，再反过来由这些内核推演出一系列具体办法。最突出的例子便是欧几里得的几何学，从8条“公设”顺理成章地推导出整部几何学。那么设计的要义是什么？它的前提是什么，目的又是什么？它内在的逻辑和机制又是什么？

我觉得设计的内核应是“创造”。设计的目的，就是要创造新的生产力。这首先要求作出总体上的规划，至少应该像战场上指挥战役的将军那样策划布部署、深思熟虑，绝不是就事论事、仅仅具体组织射击所能包容的东西。

所以设计是一个“从总到细”的过程，而不是一个由常规操作堆砌起来的“从细到总”的过程。它从设计任务出发，然后分解到很多下延层次的要求，最后通过细部的具体操作，汇总为一个新的整体。这样，我查阅了过去的设计资料，弄清了设计思维的来龙去脉，把这些写下来供自己备忘。

这份备忘录被同学高镇嬴看到了，他觉得颇得设计要领，挺不错

的。对我说："以后新同志调来设计处，你都给他们讲一课！"

虽然当时我们从事着重要的工作，工作条件不错，也可以学到不少东西，但是内心深处还是希望有一天我们能将航空知识用于设计飞机。记得一天清晨上班前，我们几个同学在大楼平顶上闲谈，大家向往着建设的发展，说总有一天国家会把设计飞机的事提上日程。说不定到了那一天，我们还有机会被委派到飞机设计岗位上去。这种闲谈引起我内心涌出一种憧憬，久久不能平静。这是出自内心理想主义的一种召唤。究竟什么时候才会设计飞机？到时候谁能走上这样的岗位？巨大的悬念挂在我的心头。

生产的脉搏在涌动

从清华大学毕业之后，佳眉也被分配在北京工作。在动荡中我们短暂分离彼此不知去向，仿佛迷失在茫茫人海里。经过互相寻找，终于彼此找到了，真是分外高兴。我们保持着每周末的相会。

她属于那种工作很投入，能力很强的类型。正如古代典故中所说的：若是锥子，放进囊中很快就会戳冒出尖来。但是她的最初工作岗位并不需要发挥她的学识和专业技能，她因此而感到过困惑所烦恼。

不久，美国飞机在我国东北投下了细菌弹。为了揭露此事来制止细菌战升级，由北京的"民间外交"部门举办了个面向世界舆论的细菌展览会。佳眉被抽调到这项紧急任务中来，展览会设在故宫里。全国各大学一些研究昆虫的教授，平日里他们摆弄蚊蝇跳蚤的业务素来无人问津，这时被当作国宝急召进京，集中住进了北京饭店，要求他们对投下的带菌昆虫提出翔实的材料。佳眉作为一个刚从学校毕业的学生，从来没有进入过北京饭店这样高级场所，看到每餐饭食都丰盛得吃不完，很不安地对我说：这多浪费！

展览会要展出很多实物和图片，解说词和文字说明需要翻译成英文，并打字印刷，布置张贴，工作很琐碎也很繁重。任务从一开始便没有了休息日，每天加班到时深夜。我与佳眉每周只能事先在电话中约好时间，然后由我赶到故宫见面。展览会开幕以前属于保密项目，我只能在午门外等她人故宫里出来。由于连续工作，她显得神情疲惫，使人看了不免心生怜惜，但是关于她的具体工作又不能谈得很多。两人只是默默地坐一会儿，有时我带去几块巧克力，作为对她辛苦工作的慰问。

佳眉对工作有一种只问耕耘的勤勉，高度地敬业。这项突击任务

是把她第一次放进“囊”中，她很快便冒出尖来，对她以后的事业进程起了关键的转折作用。她被正式调到了民间外交部门。

由于她的素质和专业能力，她很快被派参加国际会议，不久便去了北欧瑞典的斯德哥尔摩、南亚的印度以及苏联的莫斯科等地，会见了国内及世界许多著名人物。比如，她的钢琴演奏曾与美国黑人歌王保罗·罗伯逊在世界和平大会上同台演出,她也曾给苏联著名作家爱伦堡充当法文翻译(爱伦堡曾长期居住法国)。每次到达各地，她都要带回一些当地的小纪念品、风景明信片、剧院演出说明书、展览会上购得的展品照片，以及围巾手套等送给我。由于经济都不富裕，这些礼物并不金贵。但是我可以领会她看到好的风景、杰出的艺术表演或展览后，产生美好的感受特别想和我分享的心情，所以我很珍惜。而她被派随同周总理参加雅加达的万隆会议时，原定的座机在香港被特务装上炸弹在大洋上空爆炸失事，这就是轰动世界的“克什米尔公文号事件”。我听到广播后急出一头冷汗，连忙向她的工作单位询问，幸好周总理和参加会议的主要人员都事先换乘了另一架飞机。

佳眉在她的工作领域进入到前沿，在民间外交战线上开始了浪迹天涯的奔波，在某种程度上代表着国家的开形象在各地接受着鲜花欢呼的潜流的风险。

我和佳眉正处在敏感地吸收新事物的年轻岁月，对未来充满期待和热望。当我俩同在北京时，经常交流彼此的情况和心情，谈各自看过的书、会见的人、对世事的观感或各种思绪，也常一同去看一场电影或听一场音乐会。无论谁出差时互致的信件总是写得很厚，出差后交换的见闻几乎谈不完。对于彼此情绪上的波动，则互相充当“心理医生”进行宽慰和鼓励。

这个阶段我和佳眉并未论过婚嫁。人生这本书还刚在眼前打开，精彩的章节还没有开始，前面要做的事还很多，像远航的轮船向往大海还没有启航，谈不上泊港休渔。这时的我们都有一种“到中流击水，浪遏飞舟”的意气风发之慨。

我国的第一批飞机和发动机工厂尚在建设中。中国空军从苏联进口的飞机有的遭到战伤需要修理，有的使用到了期限需要翻修。航空工业局要求这些工厂首先担负起修理飞机的任务来。这样就形成了我国的航空工业“从修理走向制造”的独特发展道路。

修理任务一上手，工厂立即繁忙起来。一次我在东北正在建设中的飞机工厂出差。我看到修理车间拆开的飞机机翼上，有空战中留下的机枪弹孔。在寒风凛冽的哈尔滨机场，我也曾看到部队的试飞员从

飞机上下来，对工厂的人员说，“电瓶还是不大好，换一个电瓶，我立即飞回部队”，显示出一种战争中的惨烈和紧迫气氛。回到北京的设计处时，我特地为黑板报写了一篇出差见闻，描述我在工厂现场的感受。

工厂的生产高速运转，在北京的航空工业局生产技术处猛然感到人员紧张。当时很多受过专门技术教育的人员首先充实航空工业设计处。1953年5月，航空局决定从设计处抽出人员来加强生产技术管理部门。首批决定抽调两个人，我被调往飞机生产技术处，另一位到发动机生产技术处。（以后调发动机处的同学不幸英年早逝）。

后来有人告诉我，在50年代初分配人员的时候，按重要性的优先级，首先保证航空局机关的需要，其次是几个大厂（包括航空工业设计处）的人员。所以我被调到航空局，有同学笑称是“上调到更重要岗位”。但是生产管理比设计处的工作显得琐碎繁杂，我当时没有看到这对我的人生是一种磨砺和淬炼，离开刚开始熟悉的岗位，内心还有些恋恋不舍呢。

像古代尼罗河泛滥

当时的航空工业局，设在北京后海边一处清代王府的庭园内。有人认为该地就是《红楼梦》中“大观园”的写作原型。果然园内可以找到类似描写中的“怡红院”和“潇湘馆”等处所。航空部的供应处、卫生所、图书馆、资料室、刊物编辑部等，分散在院内一些楼阁中。环境看似优雅，但工作气氛却很紧张。

新中国成立初期，战争的阴影还没有散尽。一次北京机关召开大会，通知说，美国在东北投下了细菌弹，因此在一段时间内，一般没有急事就不要出关，以免病疫传播。但是会后，单位领导却立即通知我到东北出差。可见我们当时从事的是超过了个人安危的紧急任务。

位于哈尔滨的飞机工厂，正是日本侵占东北时期的“细菌工厂”731部队所在地。我出差时去看过已被炸塌的细菌工厂的发电厂和对中国人进行残酷“活体试验”的地下战俘囚室。出差到了那里，人们议论说可能原来细菌工厂还有残留细菌跑出来了，传说附近的村庄发生了流行瘟疫。又说什么地方发现很多白老鼠，可能细菌工厂试验疫苗用的白鼠跑出来繁殖出了后代。人们悄声谈论着说，机场上的老鼠跑着跑着就倒地死掉了。一天傍晚我们站在厂区外一排平房住屋前正在谈论这些事，看到一位老乡赶着一架马车转过弯慢慢向我们走来，走到跟前一看，原来马车上载着一具棺材！那景象真使人不寒而栗。

一次我正在东北一座城市远郊的飞机工厂的生产科的大办公室里，忽然有人叫道：“唉呀着火了！”我向窗外一看，果然从相邻的发动机厂冒出大股浓烟，从方向上应是发动机厂远角上的试车台。办公室的人们是飞机工厂，都有自己的工作任务照常进行。但是我想我是从北京来的，不论哪个工厂着火了也应该有我的事，便连忙越过隔开两个厂的马路向邻厂赶去。

发动机厂的每个车间都拥出人群，从每一条路上一齐向烈火处赶去。真是火警就是命令，浓烟起处就是集中地。油料着火所造成的山岳般的浓烟耸立在前方，遮天蔽日。跑着跑着，一个姓戴的技术员从后面赶来。他也是从北京机关来出差的一个，是个四川人，我在北京时认识他。不知他从哪里找到一个红色灭火器扛在肩上，从后面超过我跑到了前面。他越过我不远跑了几步，弯下身“嗵”地一声卸下肩上的沉重的灭火器，气喘着说，“我不行了……”，旁边经过的人二话没说，提起他的灭火瓶扛上肩继续向前跑去。我走过他时回头看到他脸色发白地屈蹲在地上。我没有时间去管他，随着人群继续向火场奔去。

迎着人群有人用门板抬下来几个事故中的伤员，人们用肩高高扛着门板，门板上的伤员被烧得四肢向天空翘曲起来。人们迎着撤下的伤员跑向前去，真是一幅前仆后继的景象。

当时工厂的设施还很简陋。离试车台边不远就是用钢架支在半空中一个巨大的油罐，试车台腾起的烟柱，令人心惊地贴近油罐飘过。如果油罐被引燃爆炸，将出现不可想象的灾难，整座工厂和这些密集的人群都会化为灰烬。但是成千的人义无返顾地向火场集中。到了现场，一方面奋力灭火，一方面同心协力从试车隔间中抢拉出尚未损坏的发动机。终于最后控制了火势。

我常常回想起当时的情景，那自动汇集奔向烈焰的人流，显示出一种强大的精神。他们本是从全国各地汇集到这个遥远的僻野中来的。虽然已经进入到和平时期，但建设也要求我们有一种忘我的献身精神。

刚到新岗位一个月，科长刘鹤守要求每人写一篇工作总结，提出自己的感受和建议。刘鹤守是刚解放时从上海交通大学航空系毕业的，学生时代参加了地下党。他对工作认真负责，并且勤于思考，素来被众人称道。

我觉得工厂生产的节奏出奇地不均匀，每到月末加班加点很突出，全厂几乎昼夜不停地“连轴转”，才能抢在月底半夜钟声敲响前勉

强完成任务。然后就是全厂休息，从干部到工人都要补一补欠下的睡眠。之后生产才缓慢地重新运转，逐渐加速到月底再来迎接不要命的冲刺刺。这种“前松后紧”现象如此严重，以致我在小结中写道：“简直就像古代尼罗河的定期泛滥一样，准确地定期发生。难道真是可预测而不可预防，没有一种办法扭转过来吗？”

刘鹤守把我这篇小结交给全科人员传阅。原来他很赞赏工作中能发现问题的主动性和独创性。以后他对我写的一些文字，常在思路上和逻辑上提出完善的建议，我们的交往断续维持了数十年。

从实际出发的思考

生产管理工作非常繁忙。每天早上一上班，远从东北打来长途电话，汇报工厂的生产进度，提出要求解决的问题。信息都汇集到我所在的生产处，在这里分流，分交到有关部门，最后还要了解解决的情况进度，令我忙得晕头转向。

每周一的上午，管理局主管生产技术的副局长徐昌裕要召开全局的生产会议。在会上要了解工厂里生产的进程。我运用图象图像思维的方式，制作了一个大硬皮夹子，打开来是代表工厂各个车间的插袋，同时制作了很多卡片，每张卡片代表一架飞机，写上该机机号和目前有待解决的问题。当该机从一个车间转向另一个车间时，就将这张卡片换插到另一个插袋里去。

我带着硬皮夹去参加会议，会议上可以回答关于生产情况的各种问题。各部门代表伸过头来看我的夹子，惊奇一项小制作把远在东北工厂的基本情况浓缩在其中。

当时我读了一本有关气象学的科普著作，其中讲到纷纭的大气现象，可以归结为温度，压力等有限几个参数。只要掌握了这几个基本参数的分布，就可以了解气象变化的主要走向。我当时想，那么纷纭的生产现象，可以由哪几个参数来表述呢？我认为两个主要参数是生产的周期和节奏。于是我统计了过去生产纪录中这两个参数的变化。当时每周五的下午是“业务学习”时间，机关内的工作人员交流工作心得。轮到我讲时，我便把统计曲线贴在墙上，对之进行分析，得出生产秩序是否有进步的结论。

针对当时工厂生产严重不均衡的现象，航空局决定在工厂推行“作业计划”制度。生产处派了一个“调研组”到哈尔滨飞机工厂，研究推行“作业计划”的办法。组长是刘鹤守，还有几个毕业不久的大学

生配合他工作，我是其中一员。刘鹤守指定我了解一个黑色金属零件车间。在厂工作一段时间之后，他要求每个人写一篇小结。

经过实地调查，我觉得在飞机修理过程中，经常会临时出现需要补充的零件。如果每出现这种零件都需要按程序提出申请，列入下个月的生产计划才能进入生产流程，会大为拉长修理的周期。针对修理任务的特殊性，我建议在正规的“按计划生产”的渠道之外，还需要开辟另一条满足这类“急件”供应的管理程序。

刘鹤守根据他本人的考察和全组人员的调查，写了一份全面的总结报告。他对我说：“把你的小结用复写纸再撰写一份，交给我，我作为总结报告的附件发到航空局去”。

他这样做使我第一次“闻达于诸侯”，以至后来航空局副局长徐昌裕下厂来实地视察工作，听取调研组的汇报时，特地询问我的见解。这件事使我了解到：从实际情况出发来形成自己的意见，是一种重要的工作作风。

综合性运筹

航空局推行“技术组织措施”的管理方法。这是一种组织多方面的工作来完成一项特定总目标的综合计划。比如当时一个飞机工厂对飞机的翻修是不全面的，飞机有些系统（如氧气系统）就并不修理，而是原样出厂。这时要求将修理范围扩大到五大系统。为此航空局要求工厂提出一个扩大修理能力的综合计划。

当时处于建设初期，工厂的管理层也不清楚这种工作应该如何来做。他们报上来一个计划，内容很空洞，不具备操作性。生产处的处长陈大鸿是解放前从西南联大毕业的工程师，参加地下党从事过地下工作。他要求我把工厂报来的计划去问一问苏联顾问的意见。

在生产技术处的苏联顾问是飞机专家凯德洛夫，我和他的交往曾经有一段语言方面的囧事。那是我刚调来生产技术处不久，第一次在约定时间走进他的办公室，发现俄文翻译不在房间，便准备退出来。

凯德洛夫见是我，不知道他如何知道我懂一点俄文，便连忙说：“进来，进来，请进。我们直接谈吧。”

我支吾着说：“我的俄文……我恐怕说不清楚。”

凯德洛夫坚持说：“没关系，你就说吧。”

我只得坐下，极力收集脑子中的俄语词汇，谈了起来。开头还算顺利，当我谈到工厂原定的飞行计划要延期时，他问：“为什么？”

我说：“是因为……因为……”我要说的是现在东北地区天气不好，天空有很厚的云层，所以耽误了飞行。但是俄文的“云”字我却怎么也想不起来。

他安慰我说：“别急，你慢慢想。”

对这个要命的“云”字我实在找不到感觉，便说：“那是因为……那个词叫什么来着？天上的蒸气？”

他说：“云？”

我连忙说：“对了，对了，就是云，试飞延期是因为天空上有云层。”

他笑起来，玩味着我的措词，喃喃地说：“天上的蒸气，哈哈，很准确，很对。”

虽然我的俄文被形势逼得勉强对付，但是我自感基础不扎实，很是心虚。那年的五一假日，处长陈大鸿约我们全体到北京饭店去看望住在那里的凯德洛夫。我按时到达，在走廊里一看同来的人，问：“怎么翻译没有来？”陈大鸿说：“你来了不就行了？”我大惊失色。因为我只能谈航空技术，而苏联专家们严格的习惯是出了办公室就不谈工作，我怎么翻得来？

凯德洛夫和夫人兴高采烈地接待了我们，东扯西拉十分高兴，我只有穷对付的份儿，遇到合适的场合还用上一点俄语的典故。第一次见面的专家夫人惊奇地对专家说：“他怎么会知道这些的？怎么他的俄文比翻译还说得好？”凯德洛夫想了想，说：“词汇还是那个翻译多些。”他大概想起了我说“天上的蒸气”那一次走麦城的事。

我带着工厂的计划去找凯德洛夫。自从他知道我懂俄文，和我的谈话就从来不叫翻译参加，而是直接和我面对面谈。

我把工厂的计划口头翻译给他听。他听后说，综合计划不应该这样写。

接着他足足给我讲了一课。这里我感到了经验的重要性。他有经验，所以说起来不带空活虚词，而是明确精练的一整套办法。讲得井井有条，概念明确。

我后来才知道，他给我讲的就是后来称为“目标管理”的一套办法，这对我国50年代初的传统管理来说，还是很先进的办法。他讲得思路很清晰、办法很具体、可操作性很强，我听了觉得有很大的收获。

我从专家办公室出来，向处长陈大鸿讲了我的收获。陈大鸿很敏锐地感到这在大型综合性的工程管理上是一个相当重要的概念。

“写下来！把这种计划的编制办法写下来，作为对工厂的批复发下去，叫他们按这样的要求重新编写计划！”他眼睛闪着光对我说，他的激动溢于言表。

这时，航空局机关刚出版了一份航空管理性的刊物，取名《通报》。陈大鸿要求我写一份稿件，对这类计划的编写要点作一论述，投给刊物。投稿后，刊物立即采用发表了，成为生产技术处的第一篇稿件。

最后，这座工厂在预订的期限内扩大了修理范围。而我拟定的一份机关内部协同工作的计划，事先调查较周密，所以在生产会议上顺利通过并得到了执行，对工厂作出了有力的支援。我为此出席了机关先进工作者会议。

技术与艺术的对位

我在生产管理岗位上担任飞机工厂的“主管工程师”为期大约两年。这两年的经历对我的工作能力和思维方式都有锻炼锻炼和提高。

我日后更加理解了工程综合思维的重要性，飞机的总体设计并不是单纯在技术上解方程式。工程综合思维某些时候的重要性甚至超过了具体从“单纯技术观点”所能见到的因素。

我从初入纷乱的世事旋涡时所感到的无所适从的心理状态，转变到建立起可以驾驭复杂事物的初步自信。任何看似毫无现成规律可循的状态，只要认真按科学的方法加以分析，总可以逐渐摸索出一定的道理，做出某些成绩来。在投入飞机设计事业以后，我多次面临“第一次”的工作任务，没有人清楚究竟应该如何做。我居然没有怯场，好歹摸出来一条出路。

这种从不自信到自信的心理状态改变的过程，颇像我在音乐方面的经历。大学低年级时，一次合唱团竞选指挥。我怯生生地站在合唱队前毫无自信，无所适从，只是被动地跟随着大家的歌声挥动手臂，

结果惨遭失败。而到大学毕业时我已经成为清华管弦乐队的指挥，指挥演出过莫扎特的交响曲和西方序曲，以及一些中国的管弦乐作品，从中懂得了作为一个指挥的职责是引导整个音乐的进行。通过在航空局管理机关几年的摸爬滚打，我在处理复杂事物中，多少找到了一些“感觉”，类似驾驭乐队各声部一般。

我的生活基本上都有科学技术和艺术两条线平行发展，科学技术是我的正业，而文学艺术是我的业余爱好。好似复调音乐的两个各具性格的旋律的对位。两条独立的旋律线相融地相互烘托。

我业余时间练习作画的事被办公室的人们知道了。当时航空工业局要办一个成果展览会。处长陈大鸿布置生产处的展示图板由我负责统一设计。这是我首次承办担技术性展览任务，开始接触到科学技术性的主题如何用图形来表达的问题。

在生产管理处作为“主管工程师”工作两年之后，我被调到“飞机技术科”。

不尽如意的面谈

我被调到航空局的飞机技术科，工作对象从围绕飞机的领域（飞机工厂的建厂设计、飞机工厂的生产管理），进入到了航空技术的核心，即飞机本身。

这是我人生发展的重要转折。实际上，当时新中国飞机设计也进入了预备期。

刚到新岗位，由技术科一位资深工程师和我面谈。

他问我：“你是不是很喜爱技术，平时就喜欢摆弄一些技术装备，比如从商店买来照相机，自已自己根据说明书独自摸索，就能学会操作？”

我觉得有的操作型工程人员确实具有这样的特点。也许他自己是这种类型的人，或者他欣赏这样的人，所以他认为喜欢技术的人都应该是这样的。但是我不能瞎说，在50年代，照相机是奢侈的“大件”。我只好老实回答说：“我没有照相机。”

“那么收音机呢？你有收音机吧？你是不是常常喜欢把收音机拆开来又装上？”

我老实巴交地回答："我也没有收音机。我喜欢收音机，但我喜欢的是收音机里放出来的东西。"这是真话，我是音乐爱好者呀！

老工程师笑起来，笑得有些无奈。我不是他想象的那种人。

我是什么样的人，他还是不知道。但是我已经调来了，看以后怎么表现吧。

一天，办公室下午卫生大扫除。５０年代常常一声令下使机关停止办公，全体人员拿起扫帚抹布"搞卫生"。但是我被告知放下扫帚。因为当时我国空军打下了入侵我国领空进行侦察的气球，正在劳动人民文化宫举行展览。发来了两张参观券，技术科指定一位老工程师和我两人前去参观。

到了文化宫，展览室门外建起一座高架挂着半透明的气球塑料布，尺寸很大。但展览室并不大，陈列着一些实物和照片。我看过便算了，没有想到周五下午"业务学习"时，该周学习内容就是报告一下这次参观的收获。全科人员集中一起，技术科科长徐舜寿也搬一把椅子坐在人群中。

徐舜寿比我大13岁，当时不到40，是早期清华大学航空系的毕业生。他曾经在旧中国的空军中担任航空技术的教员，以后到美国留学，回国后参加了旧中国一种木质的运输机"中运3号"的设计，是一个有着相当广阔的见识和技术造诣的技术型人员。

他很富才华，英文极好，解放后自学了俄文。他曾组织一批老航空技术人员，以他为首翻译了两部苏联航空专著《飞机构造学》和《飞机强度计算》，都成为解放后我国航空技术的经典文献。离京出差时，他坐在火车里在膝上放一只硬壳手提箱，垫着继续他的翻译，一会儿就写完一页，令旁边看着的人也对他的翻译效率感到吃惊。

他的哥哥是著名进步作家徐迟，他的姐夫则是新中国的一位著名外交家。受家庭成员的影响，他在解放战争期间带着夫人和刚出生的女儿越过封锁线到达解决区，在新中国航空建设初期就工作在技术岗位上，成为新中国飞机设计事业的主要创始人。

这次参观高空侦察球展览以与我同去的那位老工程师为主，便由他来报告情况。他主要讲了一下事件：侦察气球是针对中国大陆的，被打下来了，实物摆在那里。他说的大家都知道，场面很冷淡。徐舜寿仿佛无意般转头对我说："有什么补充？"

我完全没有想到还会有我的事，毫无心理准备，见点到我，只好站起来。

我主要讲技术方面的所见。先从地球上空平流层的大气环流开始，侦察气球就是利用这种大气现象，从中东地区放飞升空，被这股强劲的气流吹过我国整个领空。它必须解决高空摄影的底片微粒的细度问题，经过起多次放大仍然可以显示地面目标的特征。

我们打下美军的侦察气球之后，也缴获了气球携带的照相机，取出了完整的照片底片。为了搞清楚它拍的内容，便洗印了一些照片。这次展览会上展览了的有代表性的一些照片。比如有一张照片是在山区拍摄的。我方分析人员将这张照片放大到整面墙壁那么大。一眼望去，墙面上看不到边的都是皱皱巴巴的丛山叠嶂，说明拍照时气球的飞行高度很高，照片的复盖覆盖面积很大，就像一张巨大的地形图一样，看不出什么特点。但是分析人员仔细检查了每一细节之后，发现有一处需要进一步观察，便划了一个碗口大小的红圈标出这个地区，然后再将红圈内的部分放大到整面墙壁那么大。这样一来，可以看到在这个区域内有一小处存有两条短短的交叉白线，看起来像是山区内有一处机场的跑道和滑行道的形象，于是再用碗口大的红圈标出这可疑部分，再次放大到整面墙壁大小。这样经过连续三次放大，终于显示出这是一座机场的俯视照片，可以看到跑道边停放着白色小箭头形状的飞机机群。

有意思的是，当美军在西亚地区放飞这只气球的时候，气球刚脱手升空，照相设备不知出了什么故障走火，提前“咔嚓”一声便拍下来第一张照片。这张照片也被冲洗放大贴在墙上展览，是放飞气球的美军一张近距离顶视照片。

气球是无人的，因此必须在夜间停止拍照以节约胶片。要计算好气球的漏气量，使它越过我国版图后下降在东海海面。并且在着水后要能发出无线讯号引导舰船来打捞。讲完它用不同技术的集成，再讲到各部分达到的水平，引起我注意的细节，比如胶片经得起那样大倍数的放大，三次放大后仍能辨别地面跑道上的飞机。

我讲时全场高度专注，我特别注意到徐舜寿闪烁着兴味浓厚的目光。

这次即兴的技术讲解，也许在某种程度上成为全科对我的面试，多少弥补了我不爱拆开收音机而喜欢收音机放出的东西，因而引起对我技术素质的怀疑。

科技写作与航空模型

航空局出版了一本报道报道国际航空最新进展的杂志《国际航空》，这是国内首次出现这类刊物，引起普遍的关注。

当时人类的第一架飞机胜利升空还只有50年左右。徐舜寿曾对我笑谈：“嫦娥奔月的神话、苏东坡的‘我欲乘风归去’的诗句……”。他说的是人类对飞行的向往，自古就有浪漫的畅想，也有出自现实生活中想要“关山度若飞”的需要。确实，航空的历史，本身是一个充满激情和智慧的过程。不要说从19世纪后期以来世界各地的航空先行者身冒风险对飞行前仆后继的冲击，就是在第一架飞机诞生之后的半个世纪中，飞机性能的不断提高，飞行领域不断扩大，跨海洋，越极地，环飞世界等一系列的壮举，无不表现出一种高昂的开拓精神。

到我来到飞机技术岗位上时，飞机刚跃上了结构的全金属化，动力装置的喷气化，和性能的高速化等历史性发展台阶，在世界面前展现了一个无比宽阔的发展远景。我的内心充满了新鲜的感受，兴奋不已。

在50年代初期，世界航空技术正进入后来称为的“喷气时代”，军用飞机向超音速迈进。而在民用飞机方面，苏联抢在美国之前推出了喷气式旅客机“图104”。当“图104”第一次飞抵北京时，北京各有关部门的人员到机场去观看，航空工业局也分配有名额，我也到了机场。

初见“图104”由远方飞来，以中低空飞临跑道上空，在我们头顶作了一个大坡度的转弯，转向着陆航线。这样大一架飞机在空中灵活地机动，很使人赞叹。飞机着陆后，地面的参观人群围一个大圈远远看着。不知谁带头，径向机下走去，于是希望看详情的人全都走到机翼下。

这架庞大的飞机，在空中看来很像一架小型喷气式飞机的几何放大，动作很灵活。但到了地面，到近处去看这架飞机，有点像走近一头恐龙似的。我当时没有想到，以后我会参加我国比它还要大的大型喷气飞机的设计。

航空技术处在迅速变革的激变期，就像达到了沸点的水一样，各处都在翻滚冒泡。北京航空学院的一次科学报告会上，一位刚从国外回来的专家演讲简述航空技术的最新进展。他谈到飞机几乎各个方面都在涌现新事物。比如高速飞机用人力操纵已经扳不动舵面，就需要用高压油系统来驱动作动筒。但是驾驶员仅仅移动控制阀门无法获得

操纵飞机所必须必需的“感觉”，于是还要设计一个弹簧系统来模拟舵面上的力，使驾驶员感觉到还像是在直接操纵舵面一样。这位专家风趣地说：“弹簧系统的功用是骗骗驾驶员…………”

航空上涌现的新问题，我们在学校上课时都还没有出现。我很庆幸学校生活没有把我培养成一个满足于在课堂内被动地被灌输知识的学生。我有很强的自学热情和能力，我也很习惯于通过实践来掌握技能，增长自己的才干。

我所在的技术岗位需要保持旺盛的精力注视事物的发展，经常阅读各种技术资料是我的正业。我常读的技术文献中有一种是英国《皇家航空学会会志》，是一本学术性很强的著名刊物。一天我从最新一期上看到一篇关于正在研究的“喷气襟翼”的论文，内容相当详尽。

２５岁的我正处在好管闲事的年龄。新创刊的刊物《国际航空》编辑部就在“大观园”内的亭台楼阁之中，我便拿起电话打过去，对他们说，我是技术科的某某某。我发现了一篇相当不错的技术论文，值得一定注意。但是这篇论文讲得过于详细，我建议你们根据论文材料重新编写一下，取其精华，我想这个题材会引起读者兴趣的。

接电话的一位编辑回答我说：“你来写吧。”

我说：“我不是那个意思。我是向你们提供资料线索。原文篇幅太长，我觉得不适于全文译载，建议你们改写一下。”

电话中回答说：“我听懂了，你来写吧。”

我放下电话后愣了好半天。

我并不怕动笔。我给他们提供一个题材，完全是出于好意，结果却弹回到我自己这里来，真是没事找事。

接电话的编辑叫刘永培，当时也是20多岁，我并不认识他，他却一句话把我列入了他“永远培养”的作者之一。刘永培以后在《国际航空》刊物一直工作到退休，经他的手发表了我一系列介绍航空新技术的文章。

说起来我一直热衷的是文学创作。离开大学参加工作以后，我自不量力地在写一部关于青年学生参加祖国建设的“小说”，心中设想的是一个“长篇”。当时我不论思想上的领悟、情感上的感受，和文字的驾驭能力，完成这样的写作目标都差十万八千里，所以一直停留在没有尽头的奋斗之中。

而那位编辑“你来写吧”之约，使我的笔锋转向了科技方面。这篇文章在刊物第三期上刊出了，我成为该刊的早期作者之一。该文引起相当大的反响。我本热衷于文学写作，第一次发表的却是一篇科技类文章。记得不久我在周日遇见文学院的同届女同学宗璞（以后她成为著名女作家），我向她讲了我发表了文字却不是文学的沮丧。

此事一开便不可收拾，我陆续为《国际航空》撰写了一系列航空科技文章。有些新技术还从来没有在国内提到过，我再次需要为新事物命名。比如“喷气襟翼”、“三角机翼”、“超音速面积律”、“变后掠机翼”等等名词，都是我首次介绍时这样叫，以后便在航空界叫开了。

自此以后，科技写作竟成为我一生中重要的活动。我很少进行单纯的翻译，通常是消化许多资料后，根据我的理解重新组织材料，用自己的语言进行评述。为此被人称为“航空界的专栏作家”。

我主要介绍的是发展中的新事物，要想写，便必须读。科技写作过程，也是我跟踪世界科技发展的过程。我的英文阅读能力越来越顺畅，在技术上识别有价值的新发展的鉴赏力也在迅速提高。

我写的有些文章被大学指定为学生“必读”，有的多年作为研究生的教本。80年代北京一个阅读量最大的航空刊物《航空知识》召开座谈会，要求各界对该刊发表过的文章提出反馈意见。会上来自不同方面的三个代表举出他们认为最有价值的文章，他们举出的三篇都是我写的。在大学时给我上过课的老师沈元教授，当时以航空学会理事长的身份参加了会议，在会上听到这样巧合的发言不仅惊奇地“嗬——”笑出声来。

以后我进行了40多年科技写作，在许多不同刊物发表了百余篇科技类文章，出版了十本书籍，成为上海科普作家协会的副理事长。我对航空技术新进展的认识，也随着我发表出的文章而同步增长。直接对我从事新飞机的设计产生了有益的影响。

在飞机局技术科时期，大约在1954年，我开始了一种我戏称为“微型”飞机设计的活动，就是飞机模型的设计、制作和放飞。我认为这种活动对飞机设计有很大的帮助，因此连续干了16年，成为我重要的一项业余活动。过了70岁以后，还主持了一次颇具规模的模型研制活动。

到了飞机技术部门后，一同工作的顾诵芬和我同年，当时都是23岁。他宿舍的房间就在我对面。数十年后他成为我国航空界的两院院士。

顾诵芬与我同一年大学毕业，但是他是从上海交通大学毕业的。这所大学有课余航空模型活动，而他曾是积极参加者。他有一台小型压燃式航空模型发动机，他经常隔一段时间就在宿舍的台面上将发动机“开车”，他说是一种定期油封保养的需要。

模型发动机开起车来轰轰作响，马力强劲，很是威风。我以前没有见到过用模型发动机推进的模型飞机，便鼓动他说：何不做一架飞机模型装上这台发动机飞起来？他说，你要是愿意一起来做，我们就干。我心悦诚服地甘当助手。于是，我们到航模商店去买了一些材料和发动机燃料，他有一种线操纵模型的图纸。我们便用了大约两个星期业余时间造起模型飞机来。

我们制成的这架模型飞得很好。通过这架飞机我掌握了制造模型飞机的要点，并且学会了用拉线来操纵飞机的飞行。我被勾起了兴趣，便再去购买了更多的材料和燃料，独自造起各式模型来，借用顾诵芬的发动机装在我的模型飞机上，进行了大量的试飞。

我制作模型的效率很高，基本上每周我都拿出一架新模型来。我的模型全是我自己的设计。我认为模型飞机是对飞机设计的一种小规模的实践。

我的模型总是以“心巧”博得人们的赞许，人们注意到了它们的“设计构思”。我尝试过各种机体结构型式（比如构架式，硬壳式，双尾撑式），及多种机翼与尾翼的配置，（比如上单翼、中单翼、和低单翼），制出模型从试飞中体验其对飞行的影响。我试验证实了后掠机翼的焦点会向后移的特性。还有像正常尾翼、V形尾翼、前翼式、和无尾等，过去只在教科书上读到的不同的布局和构造，我都用模型飞机来体会其特点和性能。我还用同一机翼面积制成大展弦比及小展弦比机翼，对比它们的不同阻力。由模型能够直觉感到看不见的气流和应力流，有如中医可以从看不见的经络知道各穴位对于人体脏器的内在联系。

设计和制作模型通常是少年儿童的活动，而我则是成为航空工程师后才热衷起来，因为到这个时候我才有条件接触这个领域，可称为“迟开的玫瑰”。我很喜欢设计飞机，哪怕用模型飞机来实现小的设计实践我也不愿意放弃。我也确实从中得到很多航空知识的感性体会。使我在飞机设计中处理问题的时候，不是作概念游戏而是可以想象到实际会发生的后果。

魂牵梦萦第一架飞机

1956年6、7月份，全国掀起了“向科学进军”的热潮。在全国科学规划会议之后，经主管技术的航空局副局长徐昌裕提议，我国航空工业决定走出按照苏联图纸单纯仿制苏联飞机的局面，要建立我国自己的飞机设计力量。我国与苏联签定的“航空工业合作协定”中没有由苏联支援我国飞机设计的协定，而当时我国按苏联图纸仿制的第一种喷气战斗机即将飞上天空。下面的路，要靠中国人自己来走了。

航空工业局决定成立“第一飞机设计室”，初期建在沈阳，依托当时最大的一座飞机工厂——沈阳飞机工厂代管，但作为航空局直属的一个单位，计划以后再迁回北京。决定首批从航空局调往四个人，分别是：当时的飞机技术科长徐舜寿，老工程师黄志千，以及建国后从大学航空系毕业的顾诵芬和我。徐舜寿将担任设计室主任，黄志千担任副主任，我将担任总体设计组长，而顾诵芬则任空气动力组组长。航空工业局副局长徐昌裕，特地召集我们四个人，介绍了情况，询问了我们调离北京到沈阳去从事设计在生活上是否有困难。

在酝酿我可能调离北京去沈阳工作的时候，我把这事告诉了佳眉。出于保密要求，我没有讲明将从事的工作性质。她知道这对我是重要的变化，当时她听后没有作声。她知道我不会为了和她在一起而放弃事业上的进取。

凑巧没过多久，她也面临一个变化：她将被派往欧洲进驻维也纳，为期三年。

行期匆匆，我们还没有来得及对我们的生活作出安排，就到了告别的时候。她比我先期离开了北京。

到了欧洲，她惦记我对音乐的爱好，给我寄来一些在国内很难找到的乐谱。她写信来说，我原来吸的那把琴的声音不太好，她既然到了音乐之都维也纳，无论如何也要给我买一把小提琴。不久，她托回国人员给我带来一把从维也纳采购的、世纪初出品的小提琴，要知道小提琴讲究越旧越好。这就是伴我终身演奏的那把旧琴。

当正式能和我调往沈阳，组织找我们谈话的时候，徐昌裕副局长关心地问我：“你的女朋友在北京？”这在我的工作单位和佳眉的领域是很多人都知道的事。

我说：“不，在维也纳。”

“那也要回来的，还是在北京。”他说。但是他没有说下去。当时“第一飞机设计室”的工作地点暂定在沈阳，打算经过初步工作之后

迁回北京，所以，也许我和对象暂时分离的事，从长远来说不是一个问题。

对于这次工作调动，我们谁也没有提出困难。那时人们普遍都有一种“好男儿志在四方”的气概，面对兴旺发达的事业，充满一种创业的雄心，对自己有机会接受这个令人羡慕的任务，内心充满喜悦呢！其实个人生活的安排存在困难是有的。比如领头的徐舜寿，他的夫人当时在北京的对外文化部门工作，是一个有着很强事业心的女性。她当时就说：我不愿意陪你去当设计师夫人，我有我独立的事业，我的事业在北京。所以以后徐舜寿和他的夫人曾经很长时间两地分居。

决定虽然早已作出，但直到秋天才正式在沈阳成立机构。在约莫两三个月的间隙时间里，我们在北京进行了技术准备。

徐舜寿解放前曾在航空研究院工作过。他思维清晰，作风细致，受过严格 的专业训练，是十足的“科班出身”。黄志千将任设计室副主任，他也曾在英国参加过喷气式飞机设计。另由原已在工厂的叶正大任副主任，他是解放后在苏联学习回来的。

我们在北京讨论首先设计一架什么飞机。徐舜寿当时的主导思想是：要把需要和可能结合起来。因此他提出，设计室成立后设计的第一种机型，应是一种喷气式歼击教练机。这不仅是因为培养新飞行员的需要，而且新中国的设计队伍本身也需要一个“教练”过程，应当通过这架教练机的设计使我们自己的设计队伍成长起来。因此，这里“教练”是双重含义的。另一方面，我们已经具有制造喷气歼击机的工业基础，设计一架亚音速 的喷气教练机是完全可能的。这个意见，经过几次讨论，得到航空工业局领导的同意。

徐舜寿带领我和顾诵芬，到北京航空学院去请教张桂联教授。张教授是飞行力学权威，解放前曾在英国从事过设计飞机的气动布局工作。他给我和顾诵芬开了一个“小灶”，坐在桌边给我们讲了一堂飞机气动布局的基础课，介绍了不少参考资料。我们在大学时都学过一门一门的专业课程，但把相应的知识汇在一起如何进行飞机设计的布局，这次讲课却是一次很有帮助的总结和串联，我们感到得了很大的收益。

这样，在北京期间，我们就对“喷气教练机”的设计目标进行了准备，我分析了世界和我国一些驾驶员训练体制，收集了世界同类型飞机的资料和图片，分析其数据及设计特点，并开始酝酿方案，我们一起讨论了设计要点。

比如说，这架飞机由于教练任务的特点，不需要飞到出现空气压缩性效应的速度。因此应该采用平直机翼，这样可以省去后掠机翼所要求的整体锻造的钢梁，减轻重量。但是这样一来，机翼根部承力的大梁通过机身的位置上恰是发动机，机翼就不能像国内当时可以看到的高速喷气歼击机一样用中翼型式通过机身，而应该采用下翼布局。相应地，水平尾翼也就不必采用“高平尾”布局，而可以采用构造上更简便、承力上更合理的“低平尾”。等等。

新中国第一次设计飞机，就是一架喷气式，这个起点不低，赶上了世界航空技术发展的脚步。另一方面，新设计的飞机并不是对国外一种现成飞机“照葫芦画瓢”的模仿，也不是作一些“小修小改”的小打小闹，而是根据飞机的任务需要，从世界航空技术总库中挑选合适的手段，进行新的“工程综合”来形成自己的设计。这是新中国从设计第一架飞机开始就建立起来了的设计路线，也是世界航空发展所遵循的主要设计路线。不是用一支现成的曲调来填词，而是要唱出一首新的歌。

在20世纪中叶，飞机可能是人类创造的最复杂而紧凑的机器。飞机由机身、机翼、尾翼等构件组成不平常的外形，同时内部安装着动力系统、操纵系统、仪表系统、燃油系统、导航系统等许多系统。而这一切又包容在飞机有限的外形、重量和能源总额之内，相互紧密地联系在一起。航空母舰虽然也很复杂，但分布在很大的空间和重量范围，似乎不构成什么限制。

所以到了20世纪将近末期的时候，在我国终于承认了航空是一门高技术。第一因为航空所包容的多项技术中，有许多本身就是高技术，如材料、能源动力、信息系统等，另一方面，将这些各门各类的技术综合在一架飞机的总体规模之内的总体设计，本身也是一项工程综合的高技术。

我深深地投入飞机总体设计的任务，不断调整比较各种方案，简直达到魂牵梦萦的程度。在北京时我就已经绘出了一些草图。

仅仅3年之前，我的人生道路面临的悬念，是能否有机会从事飞机设计。现在我面前的新悬念是：我们能设计出飞机来吗？我会称职地完成任务吗？这对新中国也是第一次。甚至航空工业机关内一些熟人，也会悄悄地在我耳边问道：“你们设计飞机，飞得起来吗？”但我却并没有感到任何怯阵，反而信心百倍。

离开北京的日期逐渐接近。我感觉到这次离开，对于我和远在欧洲的佳眉的关系，潜在地存在着某种隐患。我无法预计事情的发展。

虽说我的心情总的来说充满迎接新任务的振奋，但同时内心也有一种难以言说的不安。

回顾起来，我对音乐的爱好，似乎自初期起便含有某种悲剧性的隐喻。当然，也许是因为生活的现实使我记起了原本并无显著意义的琐事。比如，我初进大学校园时，清华音乐室为新生入校举行了一次迎新音乐会。我记得演出的节目中有一首女声合唱，是徐志摩的《偶然》。我当时印象深刻的是这首歌的词和曲都很美，很是喜欢。后来回忆起来，我却触目惊心地注意到那歌词唱的是：“我是天空的一片云，偶尔投影在你的波心。你有你的行程，我有我的方向，你记得也好，也许你会忘掉，在交会时互相交换的光亮。”曼声唱出的是一种多么凄清美丽的惆怅！要说这歌多么不祥也不见得，因为正是该诗作者徐志摩和他赠诗的陆小曼有了后来浪漫的结合。另外，我参加演出的第一部交响不是《未完成交响乐》，是一部没有写完的残缺的音乐。难道在人生中，真有些奋斗与期盼是终于不能完成的？

我默默地收拾行装，把一些不想带走的书，装在大行李袋里分两次送到“大观园”内的工会图书室，说是捐赠。那位大辫子图书管理员听说我要走了，亲切地接待了我，对我捐赠书籍一事，很感意外，坚持要给我开一张收条：“今收到某某某捐赠的书籍十几本”。我即将离开，对这个表示善意的人都心存一种感动。出发前夕，我独自一人去听了一次中央乐团的音乐会。坐在人头攒动的音乐厅里，我内心深感临别的孤寂。那晚最令我心动的是合唱“阳关三叠”，这也许是这支古曲第一次以合唱形式演出，至少我以前没有听到过。

我没有想到竟会出现一个与我的心情如此合拍的工节目。领唱者是一位清秀的女高音，身着洁白的衣裙亭亭玉立地站在合唱队前，模样十分年轻，远看她的身材和声音都有点像佳眉。在悠悠的合唱背景衬托下，她用纯净清丽的嗓音深情而凄婉地唱着：“劝君更进一杯酒，西出阳关无故人……”我觉得，她代表着我在北京熟悉的一切，我在此度过的青春年华，我在这里萌生的喜悦和期望，在向我道别。这位歌手的名字我记了很多年，我觉得她曾站在我过去的所有情感上，为我的离去向我致意。

三、 雏鹰展翅

“推油门，上！”

1956年10月10日，黄志千、顾诵芬和我三人从北京到达沈阳。这是一个微雨的清晨。工厂派了一辆卡车来接我们。我们坐在卡车堆放的行李顶上，淋着小雨，心情却是十分舒畅而兴奋。我自幼便随家庭南北奔波，自到北方读大学以来更是远离了南方故土，所以从北京到沈阳工作地域和环境的改变，对我引不起什么情绪波动。

沈阳飞机工厂是50年代我国最大的飞机工厂，在沈阳北郊，不远处就是“九、一八”事件中打响第一枪的北大营。工厂位于清兵入关以前的金代王朝的一座皇陵“北陵”的后面，与皇家陵墓之间是一大片茂密而古老的松树林，几百年树龄的松树郁郁葱葱。工厂的干部和工人是从全国精选来的。

“第一飞机设计室”成立时，距离我国仿制生产的苏式喷气式飞机“歼5”成功试飞才三个月。从历史上看，我国航空工业作出建立自己的飞机设计队伍的决定是非常高瞻远瞩而又及时的。

设计室主任徐舜寿到厂后不久提出：为了使各方来的人员互相熟悉一下，要求我组织一次联欢晚会（也许他知道我在大学时期是文艺活动的积极参加者）。我对事业启航的这次活动至今记忆深刻。

一个晚上，在一间大办公室里，临时搬开办公桌空出地方作为会场。我事先和各方面来的人员都打了招呼，希望大家不要拘束，齐心协力开好这次联欢会。另一方面，我为会上的集体游戏都安上一些航空专业的名目，如“仪表飞行”、“校靶”之类，极力把大家的欢笑和我们即将从事的事业联系起来。

除了徐、黄等为数极少的几位老工程师之外，整个设计集体很年轻，平均年龄只有22岁。再加上大家当时心情都是共同的，所以这第一次集体活动办得有声有色，非常亲切而热闹。徐舜寿本人是一个很富于生活情趣、很有幽默感的人，在会上和大家一齐开怀欢笑。散会后他走出会场，又特地转回来，笑容满面地对我点头说：“很好！很好！”看来他对我们这个集体一开始就形成这样融洽的气氛，很感满意。

飞机设计开始时一个重要步骤，就是征求使用者对新机设计的意见。徐舜寿和黄志千正副主任，带着我一共三人到另一城市的一所训练飞行员的航空学校去调查研究。

那年冬天东北大雪。我们到达航校时，正值飞行员们在院内打扫积雪。身穿深色皮衣的飞行员们抬着盛雪的箩筐，把雪倒在高地上，一面劳动一面笑闹。有一个抬在前面的上坡时踉跄了一下，后面那个高声叫道：“推油门，上！”我听到他们用飞行术语来作为劳动号子，感到十分新鲜有趣，心想：我们国家的飞机设计事业，也要“推油门，上！”了！

在座谈中，徐舜寿介绍了我们的设计意图。飞行员们知道中国要开始自己设计飞机，感到非常兴奋，特别首先设计就是为航校使用的喷气教练机，更感亲切。他们提出了很多宝贵的意见和想法。我们也把设计中遇到的问题向他们请教，反复讨论。我国的飞机设计事业，一开始便与飞机的使用部门建立了良好的合作关系。

我们将从航校得到的意见带回设计室，以后在设计中努力去满足他们的要求。这与一般学校里所设想的，认为飞机设计就是关起门来画图纸是大不相同的开端。这是一种“从实践中来”“从实践出发”的设计路线。徐舜寿在开始工作之初便为我们建立了这样优良的传统。

“熟读唐诗三百首”

徐舜寿当年39岁，正是风华正茂时，主持整个行政和技术领导工作。

他是与詹天佑、茅以升这些工程界先行者一脉相承的中国爱国学人。他们到国外去学得先进技术，目的非常明确，便是用来振兴自己的民族。他们在建设自己国家的事业中竭尽所能，万死不辞。而不是看到外国先进，首先想到的只是如何跟在外国人后面拾一点牙慧，扮一番风流的那种人。

他在工作上，从不搞繁文缛节，倡导一种讲求实效的科学作风。例如，他提出设计者对自己的设计必须作出论证，不能画出来是什么便是什么。各个局部在总体上必须是合理的，不允许各行其是。对大部件的设计总图，他要求采用集体审查的办法，设计者张贴图纸，讲解他设计的依据、思路、问题、意图、数据等，并进行答辩。答辩如获得通过，所有参加者当场签字。答辩通不过，修改后再重来。

这是一种很好的发扬技术民主的方法，也是对设计人员很好的锻炼和考核。这样，通过这架飞机的设计，使整个设计队伍都得到了提高。

他从各航空学院聘请了几位著名教授，作为设计室的“顾问工程师”，如北航的张桂联、军工的马明德、南航的陈基建、西北工业大学的黄玉珊等。以后顾问们来沈阳时，他总要和他们商讨问题，并邀请他们向全体设计人员作学术报告，用这样的办法来保持设计队伍的知识常青。

对设计室中的年轻同志，徐舜寿只要发现他是称职的并确有才能，就放手让他工作，加重他的担子。比如对我，他就很放手。正如俗语说的：“愚蠢人总看别人不如自己，只有聪明人才能认识别人的才华。”他迥异于一些沾沾自喜固步自封的庸人。这说明他对知识和才能的尊重，对真正有价值的东西具有很高的鉴赏力。

我们设计的第一架飞机 ，取名为“歼教1”，即“歼击教练机1型”。由于我们对设计方案在北京时已经作过一些研究，因此我到沈阳后很快便绘出了总体设计图，飞机即刻进入了实际设计程序。

这时工厂刚刚仿制成功苏联设计的“米格17”喷气歼击机，所以工厂来的设计人员对“米格型”飞机的非常熟悉。但是，我们不准备让中国自行设计的飞机成为“米格机”的仿制品。因此我当时多方收集其他飞机的资料，分析各种不同设计措施的优劣。可以说，我们在开创中国自行设计飞机的时代，就有意识地摒弃了苏联在教学中给学生的课程设计制定的“原准设计法”，而采用了由中国设计人员独立进行“工程综合”的设计路线。

徐舜寿为此特地提出：“要熟读唐诗三百首”，指要熟悉许多不同的飞机，从中取舍新设计的工程措施，而不要“唯米格论”。也就是说设计人员要熟知负责的部件的各种可能的方案，在设计中自然可以参考米格飞机，但绝对不能抱住米格不放，绝对不应设计出一种米格机的变体来。

例如，我们决定为“歼教1”选用美英式的两侧进气方式，而不沿袭苏联传统的机头进气布置。因为从长远来看，机头部分是适宜于安装雷达天线的最好部位，而雷达对于现代作战飞机是至关紧要的。尽管教练机不必装复杂的雷达，但是掌握这种两侧进气的设计技术对于发展高性能的军用机很有用处。

以后这种两侧进气的方式的确被用到我国后继的“强5”飞机以及

一系列新的战斗机上。可见，作出这种设计决定是需要在技术上具有远见卓识的。事实上，后来苏联自己设计的飞机（如“米格25”等）也改用了两侧进气的方式。

与飞机设计平行进行的，是在沈阳发动机设计室为“歼教1”配套的涡轮喷气式发动机的设计和研制。发动机设计室最早由张世英和虞光裕同志领导，后由吴大观领导。至于这台发动机技术方面的问题，虞光裕负责得多一些，曾多次来到我们的飞机设计室进行技术协调。

工程综合的沸腾工地

我刚到沈阳，便与远在欧洲的佳眉开始了对彼此关系的前途的探讨。她知道北京有我们航空工业的管理机关，也有我们的高等学府，今后我有可能回到北京在这些部门工作。但是我不会为她而放弃对事业的追求。而另一方面，她已经在她的事业里如此得心应手，得到了即便在她所属的部门也很难得的工作机会，实在不能设想将来回国之后，必须离开首都而落户其他城市。任何城市都不可能像首都北京给她这样的发展机会。

我们两人都像高台跳水员，高高站起准备深深地扎入水中。水面小小的涟漪不会让我们分心。出于对对方的尊重，我们都不会勉强对方为自己作出牺牲，我们都知道如果对方感到有一丝勉强，自己得到的将不是幸福。如果不放弃各自对事业的追求，就只有分手。而对事业的执着，正是我们互相欣赏的基础。这是一个解不开的结，唯一的解决之道，是分手。

我到达沈阳三个月，就迎来了春节。工厂当时正生产一种苏联机型，厂里有不少苏联专家。全体苏联专家和夫人都将参加工厂的春节晚会。这在当时是很隆重的集会，晚会组织者邀请我上台演奏一首小提琴独奏。

这座工厂在试制出中国第一架喷气式苏式飞机时，国家曾组织全国各剧种的剧团来此慰问，梅兰芳、马连良、严凤英等都率团来此演出，苏联的红旗歌舞团也来过。所以工厂建了一座高规格的剧院，据说标准是可以上演俄罗斯柴可夫斯基的“天鹅湖”。在50年代初期，国内经济尚属艰苦的条件下建设这样豪华的剧院，后来受到批评，为此工程中途取消了“转台”等过于超前的项目，但仍然是沈阳乃至东北地区最好的剧院。

正在农历除夕这一天，我收到一封来自维也纳的厚厚的来信，佳

眉在信中对我们无法继续的交往表示了深重的痛惜之情。我们充分肯定了对方不可多得的优点。虽然分手是早已预料到的结果，但是成为不得不接受的现实，在心理上还是很难接受。毕竟，我们相识时没有任何世俗的权衡和考虑，而完全出自两个个体以其本身散发出的气质，出自内心地互相欣赏和吸引。我们曾那样投入地用乐句对答，并且在青春年少时、在步入五彩缤纷的人生起步时期，曾那样真诚地交换过这样多心灵上的撞击和支持。

那晚在文化宫的春节联欢会上，绛紫色的帷幕徐徐拉开，我登台用小提琴演奏了柴可夫斯基的“如歌的行板”，这时，我的口袋里就装着这封告别的信。当托尔斯泰老翁第一次聆听柴可夫斯基用凄清的俄罗斯民歌写成的这支曲子时，竟然泪流满面。我心想，我的琴声能不能通过口袋中的这封信，最后一次再传到远方佳眉的耳中?当晚我演奏这支曲子时很动情，旋律飘逸中，甚至曲终后余音缈缈时全场寂静无声，突然爆发出长时间热烈掌声，而这时我感到内心在流血。

当时苏联飞机总设计师米高扬的代表格拉西沃夫也在场，他很懂音乐，据陪同他的翻译后来告诉我，格拉西沃夫听了我的演奏后，当场评论说：“这是一个真正懂音乐的人。”以后他见到我，都主动和我打招呼，以至于后来有我和他一起探讨飞机设计规律的谈话。

当时设计队伍的成员虽然学过航空专业，但毕竟在中国设计飞机是第一遭，谁也不知道具体应该如何进行。

我在完成总体设计之后，每天在各设计组之间穿梭，解决冒出来的各种协调问题。当时有个别人对此觉得很不顺眼。他们认为飞机设计只要铺开摊子，各部分都有人把守，各司其职便可以设计出来。他们认为如同一般常规任务一样，设计不过是由各个局部凑成的。他们中有的人过了几十年也没有掌握设计的规律，就在于他们不理解设计是一种在思路上“从总到细”的过程，而不是一种“从细到总”的堆砌。

自从我的工作转到设计飞机的岗位，我就养成了一种“癖好”，就是听课和讲课。还是在到沈阳之前，我就常到北京航空学院去听课，听讲座。航空技术发展太快了。从我离开学校课堂后，地平线上又出现了无数新的事物，有整门的新学科， 也有老学科的新进展。我除了在国外的科技刊物上靠阅读来追踪最近的发展之外，也非常乐于从听课中不断获得滋润自己思维的养料。到了沈阳之后，我又常常听来访的各大学的老师们以及航空工厂的专家们的讲课及讲座。

我听的课中有一些是全新的概念、新开辟的领域，如自动控制理论、电子计算机的软件工程，是在我的大学时代尚未形成的学科。也

有一些工业味道更浓厚一些的技术内容，如金属疲劳特性的控制、各种新工艺方面的演进以及国家公颁发的“公差与技术测量”的新标准等等。我很欣赏从别人讲课中能领图到的那种高屋建瓴、条析分明的陈述，有如在人的思维中找开一扇窗似地豁然开朗，给人以在窒息时接通了新鲜空气似的愉快，而不大喜欢纯粹就事论事的“开中药铺”式的浅显的罗列。我觉得这种爱听课的“癖好”对于我从事的航空设计事业来讲是很适宜的，航空是一门发展如此迅速的领域嘛！我在航空领域不断充实的知识，提高了我对事物的判断和创新能力，从来没有使我大书架丛中迷失方向，没有成为一个被书架压榨的奴隶。

我以后遇见过一些同样这个领域工作的人，他们与我的癖好有所不同，自以为自己那点很有限的知识再也不需要补充，已经足够用一辈子了。但是，不论他们的自我感觉是多么自满自得，其眼界的狭隘与思维的偏颇，很难使人建立起对他们处理技术事务的信任。

“歼教1”的设计工作全面展开以后，从各个方面涌现出需要不断协调的技术问题，大量的信息流汇集到总全体设计组，要求逐个讨论并进行“裁决”。我每天与各个不同专业的人 员讨论各种问题，往往刚和一些人谈完襟翼的气动力效率，又和另一些人谈结构应力的传递、然后谈电路的传送和液压的介质和压力。不同的人性格不同，口音各异，语言的遣词造句的习惯也不一样，但是抛开这些，大家共同关心的是所讨论的问题本身，寻求着技术上最好的解决方案，真有些对客观的“实事”去“求是”的味道。这种讨论是一种高强度的智力冲撞和脑力锻炼，我的大脑皮层处于高度兴奋状态，感觉很愉快。

我准备了一个大本子，每天记下需要处理的事项，每处理完一条就用红铅笔划掉。以后我反过来查阅时，发现每天处理的问题平均达到十条。几十年后我与一位美国设计师交谈，他告诉我，在型号研制期间，他每天要开9个会，每个会半个小时，解决一个问题。这样看来，中外在飞机设计中涌现出需要及时协调解决问题的密度大体相同。另一方面，在歼教1的整个设计过程中这样大量而集中地处理各种技术问题，对我设计飞机的能力是极好的磨炼和考验。

在绘制“歼教1”设计图纸的同时，进行了大量的技术计算和试验，包括在我国刚开始装备的电子计算机上的计算，以及在风洞中进行的空气动力试验，都证明了设计的正确性。国外对工程设计流传一种说法：“被设计的系统，在主要方面往往具备设计它的系统的特点。”我们当时拥有一个团结的、紧凑的、协调的工作集体，因此我们设计“歼教1”这个系统中，没有遇到过重大的技术困难，工作进行得颇为顺利。

美国在设计他们的第一架喷气式飞机F-80的时候，飞机刚在地面试车阶段，突然“砰”地一声，进气道被吸瘪了。飞机总设计师正站在一旁，差一点被吸到进气道里去。F-80在试飞中共摔过7架飞机，摔死了他们最好的试飞员。而我们的“歼教1”同样采用的是两侧进气方式，不但地面试车没有发生过吸瘪进气道的问题，以后在试飞中也没有出现过致命的事故。

我们有些担心工厂承担这架飞机的试制是否会在概念上存在障碍。因为工厂可能会把“歼教1”像仿制机种一样当作一个简单按图生产的过程，而对试制自行机种的特点认识不足。这样必然会单纯抓住主产品而忽视试验件的制造，并且在试制过程中拒绝任何设计修改。而这两者对于保证设计质量是至关重要的。

我经常代表设计室向工厂各级技术人员介绍“歼教1”设计特点，徐舜寿要求我在讲解时对这些特点反复加以强调：指出试制是整个研制过程的一个部分，是人的认识与实践反复互相作用的阶段。

由我负责指导木工车间制造“歼教1”的全尺寸木质样机。木工车间以前的专长是制造翻砂用的木模，制造这样大尺寸的木质“模型”还是第一次，在全国也是第一次。木工车间指定从上海支援东北建设的一位八级木工陈炳生接受任务，他当时也只有30多岁，他的组内有两个木工也是从上海去的，一个七级，一个六级，都很年轻。他们一方面技术基础很好，另一方面肯于学习。所以这样一项“史无前例”的木工活，他们用了一百天胜利完成了，质量优异。1957年8月5日这一天，距离我们到达沈阳不到十个月，我们长期来为它冥思苦想夜不能寐的“歼教1”的样机三维形象就威武地站起来了，似乎每一根线条都非常可爱。你看它，不是对世界上任何一架飞机的“东施效颦”，而是中国人自己的创造，这一点弥足珍贵。

我们请来工厂的试飞员，并从远道请来航校飞行教员。他们也是第一次看到用木头制成的像真飞机一样的全尺寸样机，无不以一种特殊的心情，兴致勃勃地坐进座舱，观察如实排列的仪表，摆弄像真的一样的驾驶杆。我叫大家推开机库大门，飞行员们坐在座舱内就可以看到外面的机场和遥远的地平线。不论设计员们和座舱里的飞行员们，这时的心情都“跃跃欲飞”了。我们详细记录下他们提出的意见，据此改进设计。

经过技术审查、批准等手续，“歼教1”的图纸下达车间，试制工作正式开始。由于这架飞机在我国航空史上的特殊地位，航空工业局的王西萍局长从北京来到沈阳，对工厂作了试制动员。工厂出现了热火朝天的局面，车间日夜赶制，设计人员到试制现场与工艺人员和生

产工人一同工作，成为以后新机试制中“跟产”活动的开端。这是一个产品“硬件”与设计信息“软件”相互搓揉捏合的过程。我在夜晚走进灯光下沸腾的现场，从辛勤劳动着的人群中感到那股严肃认真的劲头和热情的涌动。

这真是为这架新生的飞机进行集体“添砖力瓦”的大型创作工程！我忽然难保心中涌出一个念头，觉得这一霎间我的所见一定会铭刻进我的脑海，会在很多年后都能记忆犹新。果然，以后我虽然经历了不少辉煌的场面，度过了许多关键的时刻，但是我国第一架自己设计制造的喷气式飞机“歼教1”紧张的夜班工作的场景，在明亮的灯光下是那样的热气腾腾，而我作为劳动洪流中的一分子也融入在其中这场面果真明晰地留存在我和记忆里了，栩栩如生，使我每一次回想起来都感到恍如昨日一样。

这时徐舜寿收到一封电报，他的大儿子在北京诞生。他把电报往口袋里一塞，照常带领设计人员扑向试制现场。

试飞员

常规的驾驶员，是在飞机正常飞行范围内驾驶飞机。飞机的安全范围是以前的飞行员们建立起来的，明明白白写在了飞机的《飞行手册》里。而一架新飞机的试飞，可以说就是通过飞行去找到安全的飞行边界。所以试飞比一般的飞行带有更多的风险。一架新设计的飞机，它在空中的表现究竟将会像一只猫一样温顺，还是像一头野马一样爆烈，会像一头大象似的笨重，还是像一只羚羊似的灵巧，要在实际的试飞中才能最终显现。

试飞员必须具有丰富的航空知识和高超驾驶技术，因此受到高度崇敬。我见过苏联著名试飞员阿诺兴，他是二战前后在苏联妇孺皆知的大英雄。我见到他时，他在军阶上已经是苏联的将军。当人们把我作为中国的青年飞机设计师向他介绍时，他身体一挺，将皮靴后跟一碰，然后伸出手来握住我的手，一幅典型的军人气概。我惊奇地发现他竟然一只眼睛是假眼，原来在以前试飞事故中曾受伤致盲。但他只用一只好眼仍然试飞新飞机。

航空先进的国家甚至建有“试飞员学校”，培养具有特殊飞行能力的试飞员，他们应比常规驾驶员有更深厚的理论基础，以及更特殊的经验积累。当我国刚设计出“歼教1”的时候，中国还没有这样的学校，新机试飞只能从经验较为丰富、飞行技术较为突出的常规歼击机驾驶员中挑选。

担任“歼教1”第一次试飞的是青年空军军官于振武，他的飞行技术高超，当时是空军的打靶英雄。

他来到工厂之后，我首先陪同他参观各车间。他向我提出：“能不能看看打铆钉？”原来飞机上有成千上万颗铆钉，他长期在飞行部队却没有接触过航空工业，对铆钉是如何打上去的感到很神秘。我领他来到铆接车间。这里铆接的声音如同机关枪一样连成一片。他很感兴趣地地看了外形像手枪一样的“铆枪”，在工作台上用废铝片试着打了几颗钉，很是满意。

我当时心里想，确实，我们航空工业战线上的人手中握的也是枪。这是建设的枪，是创造的武器。我们每个人，不论是第一架飞机的试飞员也好，设计者也好，工人也好，都是使祖国展翅腾飞的事业中的一颗铆钉。航空铆钉不同于普通铆钉的地方，就在于每颗铆钉都要称职地、可靠地担负起自己应尽的任务，决不允许轻易在负荷下退缩，卸下担子把载荷加给别人。

我向他介绍了飞机的总体设计，接着设计室的各专业组向他详细讲解了设计中考虑到的各种问题。介绍持续了好几天。他特别对风洞试验的许多曲线感到吃惊。也许他和一些不太了解设计工作的人一样，原来误以为飞机设计主要是零件、组件、部件等“硬件”的绘图和制造吧。面对我们向他提供的一大堆空气动力学计算和试验的曲线，他说没有想到对这架飞机作过这样详细的技术准备，比他原来料想的要深入得多。

“歼教1”的结构试验机在工厂的静力试验室进行了强度试验，结果证明结构强度完全合格。这种试验用液压筒通过许多钢索对一架完全真实的飞机结构施加载荷，最后活生生将结构拉碎，检查结构是否能承受100%的设计载荷。试验的规模很大，也很惊心动魄。试验是采用循序渐进的办法，连续试验了好几周时间。于振武到场看过多次试验。他仔细观察，一言不发。

当结构上的载荷逐渐增大时，试验场地的气氛越来越紧张，试飞员亲眼看到飞机结构承受这样大的载荷而没有出现异常，树立了对这架飞机的信心。当试验加载仅超过80%时，还没有宣告试验完全成功，他就在现场正式向组织提交了早已写好的、坚决完成试飞任务的决心书。

银燕腾空

“歼教一”的研制将近尾声时，我忽然文思喷涌觉得自己可以写出很多东西，只是没有时间。我一直很喜欢看电影，看时常常被感动，也仔细读过《电影编剧》一类的书。我对一个同事说，如果给我三天，我可以完成一部电影剧本。他听了没有立即回答，然后慢吞吞吐出几个字说，只怕给你三个星期也写不出来。他说得对极了。我当时的豪情壮志，大概属于少年时倒数第一也去参加游泳比赛般的自不量力，仅仅精神可嘉而已。

�这时我听说“八一制片厂”要来厂拍摄关于“歼教1”的电影。�我出于“非分内事也要管一管”的积极性，在很普通的纸上很快挥写了几页“剧本”，然后交给了领导，说是如果真正拍片则提供参考。后来我出差到了外地。回到工厂时，听说“八一厂”的摄制组已经来到工厂，一个导演，一个摄影师带一个助手共三人。导演是张加毅，刚到南海拍过纪录片“西沙群岛”而著名。他要求飞机工厂提供一个剧本。

这个工厂是个编制齐全的万人大厂，立即叫宣传部门写了一个剧本。但是宣传部门写惯了宣传栏里的照片解说词，写出的剧本里的镜头全是静止的陈列。导演看了说这个剧本不能用。工厂这才把我写的几页纸拿出给他。导演看了，提出要我到招待所去“谈一谈”。

我参加研制这架飞机有许多体会。到了招待所，见到张导演便向他说，镜头应该表现这些，而不是表现那些；应该这样表现，而不是那样表现。张导演听后当场把大腿一拍，说：“你就是编剧！”

1958年7月，“歼教1”完成了试飞前的一切准备，距离王西萍局长来工厂动员又正好100天。这是“歼教1”历史上第二个100天。

7月26日那一天，，，全体机务人员在检查完飞机之后，一反工厂试飞站平时比较随便的工作习惯，在飞机旁列队立正。组长跑步到身穿皮飞行服的试飞员面前，猛然立定，举手敬礼，报告“准备完毕，飞机良好。”这个场面是很感人的。

飞机的表面喷着银白色的罩光漆，使飞机成为一架名副其实的“银燕”。于振武来到登机梯前，看着这架崭新的从来没有人飞过的飞机，不自觉地用脚在地上擦了擦靴底上的土，才攀梯登上飞机。

指挥台升起一颗绿色的信号弹。这是对“歼教1”放飞的信号，是对我们这支航空设计队伍的成绩初次考核的信号，也是祖国航空设计事业起跑的信号。在这个历史性时刻，我感到喉头发梗，眼睛直冒泪花。

“歼教1”启动了发动机，这台由中国设计人员第一次设计、由沈阳发动机厂制造的动力装置，给了“歼教1”以生命。飞机仿佛从沉睡中苏醒过来了，呼啸着向跑道滑去，尾喷流卷起一片热浪。

然后“歼教1”在跑道上加速向前冲去，轻盈地飞上了蓝天。只见它逐渐积累高度，形状也迅速变小，它灵活地转了一个弯，保持在人们的视线内。

当时许多设计人员和工人都在跑道边观看，紧张的心情立即释放出来，迸发出一片掌声和欢呼，在这空旷的机场上汇成巨雷般的轰响。

试飞时，我们设计所人员的观看位置，被安排在试飞站建筑的二楼平台上，可能是认为这里相当于剧院包厢一般，以示对设计人员的优待。但这却使肩扛摄影机的八一制片厂的摄影师在下面敲锣打鼓的人群中跑来跑去找不到设计人员。我站在平台上还嫌不够高，找一块突出的砖块站上看着飞机的飞行，情不自禁地一直热烈地鼓掌。没想到被远处的摄影师发现，给我拍了一个远镜头，将我在这部历史性电影中的试飞场面留下身影。

按照初次飞行的规定，歼教1绕场一周，便下滑进入着陆航线。毕竟这是中国的第一架喷气飞机的胜利飞行。飞机安全着陆后，设计室主任徐舜寿和试飞员于振武热情拥抱，人们把于振武抛了起来。

新中国第一架自行设计的飞机胜利进入试飞的消息，当即报告了周总理。当时甚至打算在“十、一”国庆节时飞过天安门。但经过对环境条件的通盘考虑之后认为，当时还不宜公开。周总理说，告诉这架飞机的设计人员，要他们做无名英雄。新华社为这架飞机首飞成功发了一条内部消息。这条消息是组织委托由我起草的。

叶剑英元帅和空军司令员刘亚楼特地从北京赶到沈阳参加了“歼教1”的庆功会，并观看了“歼教1”作的精彩飞行表演。当时担任表演的飞行员在前期的飞行中感到这种飞机的操纵十分得心应手，因此表演时在空中作出了很多精彩的特技动作。当时心情兴奋，突然飞临众多观众头顶作超低空大坡度盘旋，动作万分准确但也令人惊心动魄，引起观众们发出一片惊呼。刘亚楼司令员叫身边的工作人员立即向指挥塔台跑去，急急叮嘱说：“叫他飞高些！飞高些！”

30年后，第一位试飞员于振武担任了中国空军司令员。

八一制片厂纪录歼教6研制过程的电影片拍成时，我已经离开设

计室，在工厂的车间“劳动锻炼锻炼”，所以该片放映时我并没有看到。看过此片的朋友告诉我说，片头如同一般电影一样打着字幕，“编剧”一栏后面写的是我的名字。

这部片子现在已经成为记述我国第一架飞机诞生的历史文献。20多年后，文化大革命刚结束不久，此片曾在航空部内各种会议上广泛放映。这时我已经调到了南方上海，第一次看到此片时已近 50 岁。片中有我的镜头，当银幕上出现我28岁年轻的模样，一同看片子的同事们大惊小怪地长呼短叫。

四、 45年后才乘坐上的飞机

第二个设计目标

在“歼教1”试飞成功之后，我为工厂的庆功会写了一首歌唱新机飞行的四声部合唱曲，指挥设计室的技术人员在文化宫剧场演唱。设计人员的文化素质较高，唱多声部的合唱还是有基础的。从此，我的作曲能力被工厂文化活动的组织者知道了，为以后我在工厂音乐台上的多年活动埋下了伏笔。

1957年，我们设计的第一架飞机“歼教1” 的研制已经进入发展及试制，设计室主任徐舜寿召集我、顾诵芬、冯钟越等当时“技术委员会”的成员，一同讨论下一个型号应该设计什么样的飞机。大家打开思路，曾提出供国家高层工作人员出差用的喷气式公务机、小型多用途飞机、靶机等多种设想。初级教练机是当时提出并作了重点讨论的机型之一。

50年代我国培养飞行员使用的初级教练机是苏联的“雅克18”，当时在我国的南昌飞机厂已经按照苏联图纸投入生产。“雅克18”是一种构架式蒙布结构，后三点起落架的飞机。当时大部分先进飞机都已经采用前三点起落架，飞行学员却必须从后三点起落架飞机学习飞行是不合理的。那时的训练体制，是飞行学员在“雅克18”上学会基础的飞行驾驶技术之后，还要经过“雅克11”高级教练机，及“拉9”等飞机的多级培训之后，才能够驾驶在第一线服役的喷气战斗机。

当时苏联已经推出一种前三点的改型设计“雅克18A”，使用方有意思要求航空工业部门改为生产这种苏式机型的改型。当时我们认为：中国的飞机设计力量在已经设计了“歼教1”喷气式教练机的基础上，独立设计出螺旋桨式初级教练机已没有技术上的困难。自行设计还可以使初级教练机在技术上向“歼教1”靠拢并形成系列，把“多级培训”压缩为“初教—歼教—现役”的“三级培训”体制。

于是设计室对“初级教练机”的设计作了一些初期酝酿。当时有个别技术领导还是把设计工作主要看成是“再现”一个现成的产品的过程，就把画一张飞机草图的任务交给一位刚从南昌调来的技术人员，因为他来自生产“雅克18”的工厂，必然对这种飞机比较熟悉。这位技术领导还越过总体设计组，直接对该方案的草图绘制进行技术指挥。

果然，这样绘出的草图，基本上是“雅克18”的再现，许多设计特点仍然维持原样。

这是出自“工业化”初期的陈旧观念。当时只注重“造出来”，而不强调产品的创新。比如在20世纪初我国最早的一些民族资本家，当他们发现别人的工厂有某种先进的加工设备时，便千方百计去仿造，甚至夜晚派人潜入对方的厂房去打着手电筒偷偷画出图纸。只要照样造出来，便与对方处在了同一竞争地位。但是飞机自诞生起就标志着“技术时代”的到来，在短短几十年内飞机在更高、更快、更大上出现了跨度极大的变化。所以飞机产品的发展单凭“仿造”是没有出路的。不幸这一点在我国航空界却长期不被许多人所理解。

徐舜寿的设计思想一直是主张“熟读唐诗三百首”，推行独立自主进行工程综合的技术路线，而反对“唯某种已有机种论”的人。所以，当上级正式决定开展设计初级教练机的任务之后，以徐舜寿为首的设计室决定放弃那个“仿雅克”设计的设想。

“初级教练机的总体设计，还是交给你这个总体组来重新开始。现在首先需要到另一城市的航空学校去一次，听取一下他们对新教练机的要求。这次就你去吧。”徐舜寿对我说。

“具有特色的设计”

记得设计第一架飞机“歼教1”之初，是徐舜寿和黄志千带领我去航校调研的，我当时跟着他们，心里很踏实。而这次却叫我单独一人前往，我这时只有27岁，首次担任此重任，不免有些胆怯。幸好设计新飞机的任务在身，使我内心充实。

航校的飞行教员们对我国即将设计供他们使用的飞机感到十分兴奋。航校为我召开了座谈会，我受到青年飞行教员刘观潮等人的热情接待。我在会上说明了来意，解释了我们设计的初步意图，并提出一些我们特别希望了解的使用方面的几个问题。他们在座谈会上谈了许多后还意犹未尽，会后一批一批来到我在招待所的房间，继续畅谈各种想法。

事隔20多年之后，我的工作已经转到上海，曾经和我畅谈过的飞行教官刘观潮到上海，特地来看我。我很惊奇他知道我的行踪，也惊奇他还记得我在多年前做的那次“调研”。

也许有人认为，作为一个工程设计人员，本分就是别人规定任务

之后，按常规写写算算，勾勾画画。至于去了解一种新产品的周围环境，去列出若干值得注意的因素，排出须解决的问题的优先级，逐个想出解决的办法，似乎不是技术工作本身。但是我设计几架飞机之后的体验，觉得这才是决定飞机成败的最大问题，是凌驾于常规操作之上更重要的技术工作。

通过这次调研，我对这架新设计的初级教练机的型式初步形成了几点构想：

首先，结构选择为应力蒙皮的铝合金“半硬壳”型式，因为这种结构比苏制“雅克18”的“钢架蒙布”式结构在工艺上更容易达到生产质量的稳定，有更长的使用寿命，并便于维护。我们通过“歼教1”的设计已经掌握了这种型式的设计、计算、和制造技术。为此，我和一位技术领导发生了争论，因为苏联的初级教练机“雅克18”采用的是钢架蒙布结构。有些人从根深蒂固的“仿制”思想出发，总担心中国人如果不按外国现成的步子走，自己“独出心裁”会带来想像不到的风险，说不定会天塌地陷。但是经过讨论，采用“半硬壳”式结构的意见终于得到一致同意。

在飞机的性能方面，根据当时发动机的功率，飞机的最大时速与最小时速的间隔将小于200公里。为了尽可能扩大这个间隔，我打算在机翼上采取左右贯通的单片式襟翼，这样可以避免增升环流在根部中断而提高升力，也使着陆襟翼放下后更好地起阻力板的作用。这样一来，机翼将成为外部上反的“海鸥式”，颇具特色。

对于初级教练机，失速和反尾旋性能很重要，机翼的外翼应有扭角形成“外洗”，以保证大攻角下不会发生机翼偏坠。同时，为了使尾旋时平尾对垂尾的遮挡最小，我们将平尾位置尽量后移，并将垂尾形状设计成直立的梯形。我本来打算将平尾移到整个机身的最后方，采用左右升降舵一体的办法，可使飞机节省一个部件，但这个方案经过讨论后认为对“初教6”不合适，为此升降舵仍然保留了一般飞机的左右两片。后来整体升降舵的方案在同年我设计的“勤工号”飞机上得以采用。在飞机的翼尖、尾翼外形等部位，我有意采用了与“歼教1”飞机接近的外形，使这两架教练机形成寻列序列时给人以更接近的视觉感受。

飞机的起落架将采用前三点型式，这是这次设计的主要目的。

我感到“雅克18”的座舱视界受到较多遮挡，仪表板杂乱，存在很大的改进余地。为此，“初教6”的驾驶舱前方采用整块弧形风档，取消了“雅克18”在风档上的几根立柱，并为“初教6”设计了大块敞亮的

座舱罩。

此外，“初教6”原打算采用东欧一种汽缸对置式安排的发动机，以进一步改善驾驶员前方视界。但这种发动机的资料不够详尽，到要用时实际还没有研制出来，并且它没有倒飞装置。这对初级教练机显然不合适，所以后来仍然采用了苏式星形发动机。

我们将“初教6”的仪表板排列尽量向“歼教1”靠拢，希望日后便于飞行学员的过渡。另一方面，我观察到苏式飞机仪表板上有许多安装仪表的螺钉暴露在视线中，在飞行中并无操作与观察的功能。为此，我建议在“初教6”的仪表板上安装一块盖板，遮住飞行中没有作用的仪表安装螺钉，使板面干净利索。为此实际造出了一块试样，安装在木质样机上供飞行员们比较。不料熟悉了“雅克18”的飞行员认为他们对突出的螺钉已经习惯，并不反感。所以这个设计没有在“初教6 ”上采用。但时至今日，我们可以看到连汽车的仪表板都不再外露安装螺钉。

总之，在“初教6”的设计中，我们千方百计使型号具有一些特色，形成一种风格。尽管有一些设想没有完全实现，但我们仍然使“初教6”成为一种优于我国当时使用的外国同级教练机的新型号。当时航空工业局局长王西萍评价说：“是一种具有自己特色的设计！”

告别与重逢

在做出“初教6”的总体设计之后，我首先要求木工车间按总图制造了一架缩小比例的全机模型。我拿到这架小模型高兴万分，它不像世界上任何一架现有的飞机，但各部件安排合理，线条优美。我把这个模型拿到结构设计室的大房间给同事们观看，大家都笑逐颜开，很是兴奋。

我后来又负责在木工车间制出了全尺寸木质样机，从我调研过的航校请来刘观潮等飞行教员前来提意见。在小模型和全尺寸木质样机制造中，对用木质材料如何表现形状复杂的螺旋桨，我使用了自己制作飞机模型的经验体会，站在木工台前，一步一步指导木工如何操作，得到了理想的效果。

我们根据飞行教员的意见我们对设计进行了必要修改之后，在沈阳“第一飞机设计室”完成了“初教6”的“技术设计阶段”（我国有时又称为“打样设计阶段”）。这时，上级决定该机的详细设计及试制生产转由南昌飞机工厂完成。南昌方面派来接收任务的技术队伍由高镇宁带

队。他在清华航空系学习时比我低三班，他的哥哥与我同班，就是在建厂设计处建议我将设计总思路的总结给新来人员讲课的高镇嬴。在大学期间高镇宁到宿舍来找他哥哥时我见过他，我们这些“高班生“看来他那时完全是一个小孩。高镇宁后来担任了航空部的副部长，并任中国科协的领导职务。

在沈阳的“第一设计室“派出了一支技术队伍，携带全部总体设计和技术设计的图纸和资料奔赴南昌，和当地的技术力量一同完成了“初教6”的详细设计和试制。我这时在沈阳投入了另一新机种“强五”的总体设计，没有随同前往。

所以，“初教6”是沈阳和南昌两方面合作的集体创造，南昌对这架飞机的完成作出了重要贡献，它是南昌飞机工厂的产品。

国内有一股不相信中国人设计的飞机的思潮。当一架国产飞机在设计中时，他们就说：“不能飞。”到飞起来了，就说“不能用。”这种思潮几十年一贯。就在“初教6”在南昌试制完成并成功试飞之后，管理部门仍然主张生产那种技术状态更差的“雅克18A”，理由是那不是中国设计的。

直至航空管理部门一位新领导上任，对长期的争论十分不满，拍案而起说：“为什么不能用中国自己设计的飞机？”这才在摇摆三年之后于1961年投入生产，成为投入生产的我国第一架自行设计的飞机。

“初教6”在初次试飞22年之后，于1980年被航空工业管理当局授予“质量金奖”。到20世纪末，连续生产了40多年，共产出约2，600架飞机，受到飞行教员和学员的交口称赞，并出口国外，受到广泛欢迎。

自从“初教6”被高镇宁接到了南昌，45年后，我却与这种飞机在海外意外相逢。

那是在1999，我进入了70岁，已经从飞机设计岗位退休。一天，我正要出门去出席上海科协的会议，室内电话响，便转身回房接电话。电话里讲英文，说你是某某吧，我说是的。他问你是否设计了CJ飞机？我说不是。我当时想，我并没有听说过这种飞机。电话中问我是否设计过飞机？我说是的。他又问我设计过一些什么飞机，我说有一种初级教练机, 还有一些别的。他说那就对了。

我这才猛醒过来，原来CJ就是“初教”的汉语拼音。便说是的是的，你在哪里打电话？对方说，是从美国。他刚从中国回到美国，在

中国时打听到我的电话，因为他在美国买了一架CJ。我说你对这飞机的感觉怎么样，他说很好。他说美国有很多人买了这种飞机。他自我介绍他是美国联合航空公司的一个767 飞机的机长，各叫哥斯比。他谈起CJ飞机来，简直有意犹未尽之感。

又过了几个月，一天我接到哥斯比从东京来的电话。他将于当天晚上驾驶航线班机飞抵上海，约我到他们的驻地“假日旅馆“一聚。他是一个个子高高，很热情诚恳的人，比我小10岁。那天我们共进晚餐。

他告诉我，这种飞机在美国很受购机者欢迎。他是在驾驶航班飞行到伦敦时，在一家书店看到《中国航空40年》的英译本，便买了一本，从初教6的设计过程中看到我的名字。他飞航班到北京时去参观了在北京北郊的航空博物馆，在那里打听到我的电话。他说在美国购买这种飞机的人们有一个协会，常常在各地作编队飞行及特技表演。我在谈话中看得出他是一个对飞机和飞行极为热衷的人。我谈了一些40多年前初教6设计的事。似乎他也觉得与我很谈得来。他回到美国后，把和我见面的经过写了一篇文章，题名叫《我会见了他本人》，发表在协会的通讯上。

2000年秋天，我突然接到这位哥斯比机长的电子邮件，称在美国的初教6拥有者希望在2001年的“飞行大会”上与我相见，作为他们的贵宾。于是我得以到美国与阔别了多年的“初教6”再作了一次亲密接触，并第一次乘坐上我在风华正茂时在图板上画下第一根线条的飞机，翱翔在异国土地的上空。

美国人盛赞CJ是一架好飞机。我知道这架飞机的总体设计的每一条线是如何画出来的我相信这是一架好飞机，但是我没有想到，在异国他终的美国人对这架飞机的赞美竟是如此热烈。在美国购买“初教6”作为个人座机的有各行各业的人。共中好几个是各个航空公司的机长，他们有的已经退休，有的仍在航线上飞行。这次出席大会的年龄最大的是一位退休的西北航空公司的机长。此外有大学电子计算机教授、有两名医生、有金融公司及国际运输公司的董事长——年纪大了把公司业务交给接班人，自己脱身来玩飞机。有一位是跨国公务飞机公司的责任执行副总裁（只有30来岁，他在大学时曾作为中外学生交流活动的参与者来中国参观过）、有航空机务人员。有一位网球名将可能是这次前来的最年轻的男士。而年轻的女士则是一家航空刊物的编辑。其中还有一位是在芝加哥附近耕种大片田地的农民。他有好几架飞机，在他的农田上修有一条简易跑道供他起降。这次他将飞机漆得通红飞来参加聚会，获得协会颁发的“最佳装饰奖”。他的夫人和两位中学生女儿也来了。我在谈话中知道，这位农民最近刚到中国去参

观“三峡工程”回来。这次“飞行大会”中我成天和这些人在一起，一美国不同领域的人有了一次难得的近距离接触的机会，能够倾听到来自不同背景但同样是CJ的直接使用者直率的意见。

他们中有的人原来已经有了一架“雅克”，但卖掉了雅克改用CJ。一个叫布莱因的对我说，他飞过25种飞机，其中CJ最好。他在停机线上对络绎不绝的参观者也这么说。还有人对我说，每种飞机都有自己的缺点，但是CJ没有缺点。我问过联系邀请我的哥斯比，CJ究竟有什么好，他的回答是“飞行中重复性好，便于编队飞行，没有怪僻”，他对这架飞机使用的形容词是“忠诚”（Honest）。

有人向我表示，他最欣赏的是CJ机翼的外扭，失速时是非常温和的，改出尾旋只需松开驾驶就会自动改出。有人表示很喜欢CJ的海鸥形机翼，一看就与苏式“雅克”不同，很好看。对初教6采用的“半硬壳式”铝合金结构，人们称赞不已，说真是结实，已经用了几十年了，状态还那么好。他们中有的买的是二手旧飞机。已经用了几十年了，状态还那么好。

他们也反映了一些在美国的使用条件下的具体意见，如某些操纵器件和仪表不符合美国的使用习惯等。但是这一点也不妨碍他们认为CJ在总体上是一架好飞机。有人向我说，即使你没有设计过别的飞机，只要有CJ就是很了不起的成就了。难得有人在网上发表感慨说：但愿他本人在72岁时也有这样的风光！

老实说，对我在20多岁时在图板上绘出的飞机，事隔近半个世纪之后在海外听到这样好的评价，这是我自己无论如何也没有想到的。

事隔两年后，到了2003年的奥会柯什“飞行大会”，我国去参加的人员中有我熟悉的驾驶员。他回国后告诉我说，他在奥什柯什看到美国当年7月份的一期航空刊物上还有关于“初教6”的介绍文章和对我的采访，很轰动。我奇怪我被邀请访美已经过去两年了，难道在美国引起的关注还没有降温？以后，我收到美国友人给我寄来的刊物，确实如驾驶员朋友告诉我的，美国人还在赞扬“初教6”并记得我的访问。

五、 峭壁上的雄鹰

磨砺设计的剑

我当时对飞机总体设计形成了几点看法：第一：飞机设计分为选择型式和确定参数两大步骤。对型式的选择是一种定性的思维，但是是形成设计基本面貌一个非常重要的步骤。任何工程型式并非必然如此的，而是设计者根据对产品的要求对许多可能采用的候选手段进行人为选择的结果。而确定参数则是用理论或经验公式计算的结果。我认为确定参数主要依靠形式逻辑的推演，而选择型式则更多地依赖经验、见识、预见及综合性工程思维。

第二：飞机设计必须清楚地判明目的与手段。一般初级的工程思维容易把注意力集中在手段上，而忽视了真正的目的。比如，当时一所学院设计了一种“农业飞机“，提出的方案却采用了许多旅客机所使用的手段。当他们拿方案到“第一飞机设计室”来征求意见时，设计室主任徐舜寿指定我去接待。我询问为什么设计偏离了原定的目标，得到的回答是：“因为这些手段更先进”。我当时坦率地表示了我的意见，我认为离开了目的就谈不上手段先进不先进。

这些想法，我认为十分重要。因此，不但在当时的几个型号的总体设计中注意实行，并且贯彻在我以后陆续设计的其它型号中。

我当时已经准备把飞机总体设计作为自己的终身事业，仍然关注国际航空技术的发展，在业余时间继续为北京的航空刊物撰写专题性的科技文章。在北京的刊物编辑部，特地托人向沈阳送来了聘我为“特约编辑”的聘书。

同时，我集中阅读了许多有关飞机总体设计的文献。并特地准备了两个本子。一本用来分门别类地摘采西方和苏联各种设计书籍中确定参数的公式；另一本则取名为《柳暗花明集》，专门观察记载世界各种型式的飞机为解决各类问题而采取的不同技术手段。

在“第一飞机设计室”，我在业余时间仍然热衷于航空模型的设计、制造、与试飞。室主任徐舜寿支持航空模型活动，特地在设计室辟了一间“模型工作间”，并购置了一定器材供爱好者自由使用。于是我在沈阳继续设计和制作了大量的模型，在设计室后面一块小草地上

试飞，继续试验对飞机设计的各种设想。模型飞机成为我从25岁到40岁间显著的活动。我认为，一个飞机设计师很重要的是要有技术综合能力，这是指将许多不同门类的技术，综合在一个产品中，最后显现出特定的功能。我觉得航空模型的设计与制作对从事飞机设计的人员，有不可勿视的锻炼作用。

我特别指能飞行的模型，不论线操纵、自由飞或遥控模型，并且指自己设计的试验模型。因为它在飞机设计的最重要的三个学科：飞行力学、飞机结构学和动力装置的综合上给人以锻炼。我不太重视创造航空模型纪录的航模运动，因为那可能将目标引向手工技艺的精巧及按有成绩的现成设计的仿造上。飞行力学的认识对从事飞机设计的人有根本意义。有些人被认为“搞航空而不懂航空”，就是因为他们的意识离航空技术的最终目标太远，离飞行太远。

我国从事过航空模型运动的人，不见得都在航空技术上有所建树。但是反过来提问题：在航空的几个重要领域里作出比较出类拔萃的业绩的人，如国防科研岗位上、空军理论研究方面、军用飞机和民用飞机设计方面、甚至滑翔机研制方面有一定成绩的人物，凑巧在青少年时代都搞过航空模型。这中间也许不无内在联系。设计和制造航空模型，那是一项小的系统工程。我认为这些人早年的航空模型活动对他们以后从事大的技术综合性工作作了某种准备，养成了他们观察和处理事物的某些思路，而思路对于工作的成功有着非常关键的作用。

我离开了这个单位后，不久徐舜寿本人也被调离。后继者没有再支持航空模型的活动，大概认为模型属于玩具类，不在单位的业务范围之内吧。

离开沈阳30多年后，我一次开会再回到那个部门，见到当时的同事，大家很亲热地纷纷回忆在一起的日子。有一位一见面就嚷着说：“唉呀，当时，呜呜呜——”，同时举起手在空中转圈子。我问这是什么？他说，你那时的模型飞机呀，当时经常在我们的头顶上飞！

50年代末，我国的飞机设计事业欣欣向荣，一个型号接着一个型号提到议事日程上。 我在主持“初教6”的总体设计之后，构思一架对地攻击的强击机设计。

不久上级决定将强击机正式进入总体设计。这个新设计，当时命名为“雄鹰302”，就是后来的“强5”。

“你去一下部队，了解一下部队对攻击地面的飞机的需要。”1958

年夏天，设计室主任徐舜寿对我布置工作说。

“我一个人吗？”我问。

“就你去吧。现在型号工作太忙，我们走不开。你已经作过两架飞机的调研了，成绩不错，弄清楚了不少问题。你不是新手了，该怎么调研你是知道的。你带回来初步的结果我们再看。这次你先去。”徐舜寿说。

强击机是一种令地面敌人生畏的特殊机种。一般轰炸机在中空或高空投弹，战斗机也在高空战斗。而强击机则擅长紧贴地面的坦克、碉堡炮兵阵地或战壕进行锇鹰扑食般的进攻。它的发动机呼啸着在人们头顶上掠过，机翼像风卷残云般掀起飓风，强大的火力能把泥土翻耕一遍，在战线上空展现一种震撼的威力。

苏联在第二次世界大战中创立了这种机型，德国人在战场上受到了很大的威慑，称之为“黑色死神”、“坦克克星”。这种飞机我国也进口了，我在出差南方机场时见到过。现在在我的图板上将出现的，便将是这类飞机。

“嗵嗵嗵、嗵嗵嗵……”

炮火响处，靶场上硝烟迷漫，烟尘滚滚。我出访的第一站，是某地一支用喷气式“歼5”对地攻击的部队。“歼5”是当时空军主要的歼击机，装有较强的攻击火力，该部队就用这种飞机作对地攻击训练。

他们和我开过座谈会后，带我到对地射击靶场，实地观察机队对地轮流射击的训练。以高速性能为主的歼击机，在低空低速中转弯轮流进入俯冲射击，也表现了很好的机动性。那种炮火连连、打得靶场上烟尘横飞的景象，给我留下了深刻印象。他们反映，应该进一步加强对地攻击的火力，并提出了飞机其它方面如何适应对地攻击要求的许多设想。

我访问的第二站，是某地一支使用苏制螺旋桨强击机“伊尔10”的部队，他们曾参加解放一江山岛的战役。飞行员们向我反映“伊尔10”在低空低速时有良好的操纵性，对地攻击火力很强，为防御地面轻武器的对空射击而在重要部位有坚固的装甲防护。他们给我讲了解放一江山岛战斗中的许多轶事，如低飞中一只海鸟撞进一架“杜2”的发动机舱等。言谈中充满了他们对自己使用的强击机的偏爱。

从他们的谈话中，使我对强击机执行的任务特点，所要求的飞机

性能、火力、装备、飞行特性等多方面获得许多宝贵的信息。有些细节也使我难忘，比如飞行员告诉我，“伊尔10”的左侧防护装甲略低了一点，使飞行员操纵油门的左手暴露在外受不到防护。只要装甲再高一点，就可以使飞行员在冒着弹雨去进攻时更加勇猛而无左手被击伤之忧。

我访问的第三站，是当时地处南方一座城市的空军学院。学院的战术教师向我介绍了对地攻击战术的最新演变。他主要取材于国外资料，在国内尚没有实践过。我刚访问的两支部队得到的是已有机种上的经验，而空军学院所介绍的是今后的发展趋势，对于在总体上认识这种机型无疑是很好的补充。

带着收集到的丰富信息，我回到“第一设计室”立即着手撰写调查报告。强击机不仅对我，而且对我国当时整个的航空工业界都是一个全新的领域。由于收集来的情况涉及的方面很多，我感到手中的笔简直来不及写下脑中涌出的思路。于是我大胆采取在电影中看到外国人用过的办法：请一位书写很快而字迹清楚的文书帮忙。由我口授，请她当场记下来。

这是我一生中最成功的一次口授。内容实在太多太庞杂，如果我自己一个字一个字写，会越写越烦燥。但这天口授中我一点没有犹疑不定拿不定主意的时候，说话毫不磕巴。我说完一句，稍作停顿等文书把这句写下来，便接着流畅地说下一句。说着说着，我翻开笔记本，说：“下面把这一段纪录抄下来。”然后再口授下去。不到一天，一篇字迹整齐条理分明的调查报告就完成了。我交上去后，设计室的领导很惊奇我交出报告时间之快和内容的充实。

这是国内第一次谈到强击机，集中了设计人员关心的新鲜信息。十几年后我遇见其他单位的工作人员，以前并未见过面，他听到我的名字立即说：“啊，知道，第一份关于强击机的调查报告就是你写的。”

雄鹰初现

对新的强击机方案，我当时有两种设想：一种是继承螺旋桨式强击机的优点，因为这种推进方式很适用于低速低空。一江山战斗中螺旋桨式强击机发挥的作用使我有很深印象。为了加强火力，提高装载攻击武器的能力，必须加大发动机功率。我设想采用双台发动机，采用双机身布局。我为这种设想绘制了草图。

另一种设想则是采用喷气动力。当时我国已经按苏联提供的图纸生产出“歼6”，这是我国第一种打开发动机加力以后可以超过音速的歼击机。可以将它提高速度的发动机的推力用在提高载重上。该种飞机便于发动机安装维护拆卸的机身分段办法以及后掠机翼的载重主梁、和助力操纵系统等设计特点可以采纳在新机设计上。但新机需要在机身内设计炸弹舱，并且机翼的参数也要根据新的飞行任务重新选定。我们仍将使用两侧进气口，而不用苏式机头进气。我对这些设想也作了参数选择，绘出了草图。

当时技术发展的趋势是喷气化，因此最后选定了第二种喷气方案。

顺便说一句，我们放弃了双身强击机方案以后约5、6年，美国大张旗鼓地为越南战争设计对地攻击的所谓“反暴乱飞机”，在全美各飞机厂商进行设计招标，应标的12个厂商所提的方案，竟全部都是螺旋桨双身布局，真是一种巧合。可见我们当初提出双身设想，也有其合理性。

我在喷气强击机的草图基础上，进一步仔细确定参数，确定外形，布置主要承力结构的走向，进行部位安排，重心调配和结构安排。然后，像以前两架飞机的总体设计一样，制造了全尺寸木质样机。

这时，上级决定“雄鹰302”的任务也转到南昌飞机工厂去进行。并将沈阳“第一飞机设计室”中的资格较老的工程师陆孝彭调去南昌工作。

陆孝彭长我10岁，长相很年轻。他在解放前曾在英国从事航空，解放后回国来的。据说他年轻时很活跃，拉过小提琴，在英国上层的招待会上，他甚至在英国女王面前表演过中国的京剧。但是我和他一同在沈阳工作时，他专注于航空技术，没有和我们谈过文艺方面的事情。只是很多年后有一次我们共同参加一次会议，联欢时我拉了两曲小提琴，受到全体的欢迎，他笑容满面地对我说：“这些年你来拉琴有很大进步。”我才知道原来他还关注着我的琴声。

以后我国航空工业的飞机型号系列的编号改变，这种强击机改称为“强5”。陆孝彭接受该机的设计任务之后，对初步设计进行了改进，如采用面积律的机身，加长了机头锥，采用后开式座舱盖等，使“强5”成为一种很完善的设计

“第一飞机设计室”提出设计方案的“初教6”和“强5”，两架飞机先

后转到了南昌。这是出于我国飞机设计力量布署的意图发生了变化。原来设想“第一设计室”将是航空工业一个飞机设计中心。所以徐舜寿的眼光放在航空技术发展的全景，寻找我国的缺项，设计视野遍及各种机型。20世纪内迅速发展的航空技术，本来就有四面开花、在没有预想到的方面产生出新进步的趋向。所以美国的著名飞机设计师约翰逊，一生设计过各式各样的飞机，不断向多个方面推进航空技术的前沿阵地。

但是当时的航空工业的管理部门却从单纯“工业化”的认识出发，把一个迅速发展的飞机领域“冻结”起来对待，强调对现有机种的“专业化分工”，准备把产品设计部门配属专门生产某种机型的工厂，把“设计”仅仅看作是向生产提供图纸的第一道工序。为此甚至提出了“设计为生产服务”的口号，就是干脆取消产品开发，把技术力量用在维持对外国产品的生产上。

在这种思潮下，将“第一飞机设计室”迁回北京的计划不再提起，而划归工厂下属。由于该工厂的生产分工的品种是歼击机，于是将非歼击机的项目转出，腾出力量来专门从事当时认为最重要的歼击机设计。

不幸的是，这时“大跃进”的劲风吹到了飞机工厂。我国的歼击机设计事业从此经受一系列的挫折。而当时认为比较“次要”而转出的“初教6”和“强5”，管理部门较少用当时流行的意识对它们控制。虽然也用“仿制”的技术路线对它们的成长进行过遏制，但这两种机型终于发芽成长，先行长成为大树。其中的意味，值得后人推敲和反思玩味。

艰难的诞生过程

“强5”在南昌完成了设计，但试制工作历尽了艰辛。试制中途，航空工业管理部门强调将力量集中在按苏联图纸制造苏制飞机方面，撤消了对自行设计飞机型号的支持。“强5”的试制力量几乎全部撤空。在最困难的阶段，只剩下总设计师陆孝彭带领几名助手，在车间内一个隔间内，亲自在飞机上打铆钉。

管理部门的官员下厂来视察工作时，走过隔间的大门，工厂人员介绍说，在这个门内，就是“强5”仍在艰难地维持着试制的工地，请问要不要进去看一看？视察者沉吟了一下，终于说：“算啦！”说完掉头而去。

确实，要是去看了，最少意味着某种精神上的支持。但是，连这

也不能给呀！

“强5”的研制，真像是在峭壁上攀登，不知何时一个事件就会坠下悬崖。

终于试制完成后，“强5”通过了试飞，并开始少量装备部队。总的进展缓慢，中国人自己设计的飞机，在崇尚“洋货”的观念包围中，总的是“人气不足”。

据陆孝彭告诉我说，有一次“强五”遇到发动机空中停车的意外事故，飞机在稻田里迫降，不幸中之大幸人机都没有受伤。这次事故却有一个意外的收获：证明飞机在低速低空的操纵性能十分良好。而这正是“强击机”所要求的飞行特性呀！

不久在一次边境冲突中，“强五”大显神威，受到空军部队的赞赏。这样迎来了转机，于是该型飞机被大批投产，装备了部队，成为我国国防装备中的一个重要机种。

1985年，强5被评为国家科技进步特等奖。强5成为我国第一种出口创汇的战斗机种。在法国巴黎航展上，我国第一次以实物参展，被誉为“亚洲明星”。在西亚一次盛大大的打靶比赛中，强5与美国、法国、苏联三种著名战斗机较量，结果赢得了超低空飞行和打地靶比赛第一名。陆孝彭后来被选为我国工程院院士。

直到今天，“强5”仍然活跃在国防战线上。在新闻图片中，在电视节目里，常常可以看到它伟岸的雄姿。热爱航空的观众们每看到它独特的身影，都会情不自禁地叫起来“强5！强5！那是强5！”，这声浪引起我温馨的回忆，也激发起我对艰苦卓绝的中国航空人的崇敬之情。

六、 带领青年设计“勤工号”

年轻人的热情

1958年春天，工厂负责青年工作的王彦明和庄桂棣（女）把我找到大白楼他们的办公室，对我说，我们工厂有许多青年技术人员，大部分是在车间生产线上的工艺人员，他们的主要工作是制造国外飞机的某些零件。另一方面他们对于自己参加设计一架飞机有很大的向往，我们打算组织工厂的青年们设计一架飞机，你的看法怎么样？

当时我27岁，已经完成了三种飞机的总体设计。但是这些飞机都还没有起飞。我对自己已完成的事丝毫没有自我满足的感觉，内心充斥着一种雄心勃勃、搏击长空的志向。

在当时中国的领空，还没有一架自行设计的飞机在飞翔。因此有人把设计飞机看得很神秘。但是另一方面，处在“大跃进”浮夸的气氛中，又有人头脑过热，把飞机设计看得简单。我认为设计飞机既不神秘又不简单，关键是必须遵循设计飞机的规律，熟练地使用这些规律，便能够成功地设计出良好的飞机来。

由于担任着飞机总体设计的任务，我对当时世界航空发展的形势有一定的了解。我对军用飞机的发展已经连续发表了五，六篇介绍国外新技术的文章。此外也对民用飞机的形势作了一些探索，在刊物上发表了“农业飞机”的评述文章，该文被正在研制农业飞机的航空学校指定为“必读”文献。也许因为这些背景，这两位青年工作者在组织这项活动前，来听我的意见。

我的看法是：如果要设计一种小型民用飞机，则以单发动机，四座，上单翼的型式用途最广。美国、欧洲、苏联都有这样的飞机，长期来保持着很大的使用量。这种飞机在技术上也最成熟，没有不可预计的设计困难。这种飞机可以用于送人、小额货运、各种农业及观察、勘探、摄影等多种用途。

王彦明说，很好，就设计一架这样的飞机，由你来担任总设计师。

参加这项设计工作的，只有我一人来自设计室，其余都是车间里

的年轻工艺人员。我觉得他们只熟悉高速喷气式战斗机的构造，这些构造不适于轻型飞机。因此，我建议首先组织全体人员到沈阳滑翔机厂去参观一次，那里有一些轻型飞机如雅克18，雅克12，艾罗45等轻型飞机，可以看一看它们的构造型式，以作为设计时参考。

初春一个寒冷的阴天，工厂组织了几十个人，先由我讲解这次参观的目的，及参观中应注意的方面，由工厂派车把这支庞大的队伍送到沈阳市的滑翔机厂。

青年们分组观察，我则向他们指出一些值得注意的细节。告诉他们说，我们并不是想要复制某些构造，但是观察已有的飞机是如何解决它的设计问题的，有助于我们在解决自己的问题时有更广阔的思路。

虽然我说过新飞机将采用一种成熟的技术型式，但是我在总体设计中仍然按照正规设计程序，首先收集并分析了同类型机型的资料，确定各总体参数的合理选用范围，并确定飞机各主要部件的技术型式。

我感到遗憾的是，在动力装置方面，当时除了M-11型五缸星形排列的发动机已在国内生产之外，没有其它的发动机可供选择。仅从设计需要的角度，我很希望能采用对缸式排列的发动机。

我作过计算之后，便开始绘制总图。由于对型式和参数已作过许多考虑，加以当时少年气盛，自信心很强，因此下笔很果断，很快绘出了全机总图及数据表。并立即晒发各车间的设计组，作为各部件设计的依据。

每当我面对大幅的绘图板，摊开一整张洁白的绘图纸，动手来绘制一架新飞机的设计图纸时，都不免有一种特别的滋味在心头。

设计飞机，首先要考虑机翼面积。当心中权衡机翼展弦比、后掠角等等与飞行紧密相关的参数时，有一种神秘而庄重的意味。画在图板上的对象以后是要飞的。你在绘图中不知不觉就会想像你画出的线条将来飞在空中的样子，有一种飞腾的洒脱感充斥在头脑中。使你不自禁会带着一种审美的情调去察看你笔下涌出的线条。

记得以前我从书中读到过，英国二战时首相邱吉尔在业余时间是个油画爱好者。他自己说过：一次他面对一幅新的画布，左考虑右考虑不知如何下第一笔。正好一位女画家来看他，看到他犹豫的神色，便伸出手来说：“我来给你画第一笔，给我笔，大号的！”邱吉尔说，

他以后常常记得那位女画家要求“大号的”笔那坚决的口气。

我在中学时画在笔记本中的飞机图象，纯粹是一种个人练习。但以后在我正式从事飞机设计事业以来在图板上画出的飞机，大部分以后都实际飞上了天空。所以每当我面对一张新的图纸画上第一笔的时候，我都会感到那种“给我笔，大号的！”那种挥毫直洒长空的豪迈劲头。

设计这架飞机工作时间没有保证，完全靠参加者业余挤出时间来。这样对短期突击的任务通常是可以的，但要设计出一架飞机，拖的时间就比较长，并且很不容易组织和保证设计的质量。不管怎样，我们克服了很多困难，完成了第一轮设计。

到了夏天，我们终于有了机身和机翼，尾翼的结构图纸。至于起落架，由于起落架车间的工艺员们不了解我为该机选择的橡筋式减震式的起落架，这部分的图纸暂缺。

为了保证安全，组织了设计室的青年工作者对这批初步的结构图纸进行了一次校核。而原来缺图的起落架部分，则由设计室的青年设计者补绘。

这架飞机没有经过常规的风洞试验和结构静力试验。这一方面是限于当时的条件，另一方面因为它在气动上属于常规布局，我通过已有的理论和我自己的模型试验已经掌握了它的操纵和稳定特点，有把握确定它的正常飞行的重心范围。而它在结构上的主要受力系统属于静定系统，用成熟的理论已经可以可靠地确定它的应力分布，因此我们认为它在气动力上和结构上都可以确保安全。

“飞天”挥袖舞长空

与沈阳飞机工厂相邻的辽宁航空技校，自愿担任了这架飞机的试制任务。技校校长张伟亲自组织了试制工作。技校许多教师原是十分有经验的老技工，他们带领广大年轻学员们认真制造。在一些关键的部位，在没有充足的工艺装备的情况下，一些极有经验的老技工师傅发挥出绝技完成试制任务，我向张伟校长谈到这点时表示钦佩不已，张校长也和我一样十分赞叹老师傅们的高超技艺。

冬季到来东北的时候，在飞机工厂跑道边的一座机库内进行飞机的总装配。翼面的蒙布是请沈阳滑翔机厂的蒙布工人协助完成的，翼面的质量非常良好。发动机与整个动力系统的安装，由工厂试飞站的

机务员韩信根负责。他以前曾在使用“雅克18”的航校当过机务主任，对M-11发动机的安装调试非常有经验。

当时在工厂协助生产的一位苏联老专家冒着大风来到机库，我回答了他的一系列问题。他对飞机设计表现出很大的尊重，虽然这是一架不起眼的多用途民用飞机，但由一群青年人设计出来，他仍然觉得很了不起。

我作为技术上的总负责人，这时思想上产生了很大压力。毕竟这是一架有许多非专业人员参加设计和试制的飞机。我抓紧时间从飞行总体安全的角度反复检查飞机。我使用的工作方法20多年后学习新兴的学科“系统工程学”时，才知道称为“输入输出法”。我至今认为这是从事总体工作的一种重要的思维方法。

比如说，我用肉眼观察就发现左右机翼的安装角有误差。技校一位姓周的教师再三向我保证说，是他亲自做的水平测量，数据证明两翼对称良好。但是我宁可相信自己的眼睛而不相信他的繁琐的数据，对他说：“肯定你测量错了，我不管你是如何测量的，结果摆在这里，就是不对称。”我坚决要求改正。

飞机的系统安装，称重等工作，是通宵赶工完成的。在称满油重心的时候，由于机翼油箱的装油量正好等于两个人的重量，我要求由两个人爬到机翼上坐在油箱位置上来代表油的重量。称重完毕时天已快亮了。学校许多师生裹着大衣，靠在机库墙角坐成一排迷睡过去，等第二天天亮再接着完成试飞前的冲刺。

工厂的青年工作者庄桂棣问我说，这架飞机取个什么名字好？

当时，苏联的安东诺夫设计局刚推出一架小型双发飞机，取名为“小蜜蜂”，我国许多报刊都作了报道，很是轰动。我很喜欢这类命名，不过分讲究深意，而是取其通俗易懂，形象可爱，叫人能记住。我记得在北京参观敦煌画展时曾见到“飞天”的形象，那是一种挥舞着长袖升空的仙女，形象美丽而又有中国文化的特点，便提议说：“叫‘飞天’怎么样？”不料庄桂棣非常惊讶地说“叫‘飞天’？”她完全没有想到一架飞机可以叫这类名字。后来，由于飞机是由航空学校试制的，当时正提倡“勤工俭学”，工厂和学校的有关方面便给这架飞机取了个带有口号意味的名字：“勤工号”。

我为这架飞机设计了素净的乳白色，在机身两侧加一条装饰性红带。我希望在当时崇尚“蓝，绿”的时代，尽可能在朴素中加上一点俏丽。

喷漆是请一位外厂的喷漆工操作的。不料在我向他讲解方案的时候，他提出了激烈反对的意见。他认为机身应该喷成深绿色，机头则用黄色，而发动机的散热罩则用红色装点。机翼应是红色的。尾翼则水平用黄色，垂直的则换成蓝色。总之，从他热情洋溢的描述，可以想像他提出的是一个色彩非常丰富的方案。

我与他激烈争论。在1958年“大跃进”的气氛中，提出了“卑贱者最聪明”的口号，第一线的操作者往往比设计者有更大的发言权。航空技校的张伟校长在解放前曾在重庆的新华社工作，办事很沉着。他听我们对两种喷漆方案的争论，一时难以决定。最后他想出一个缓兵之计，对那个喷漆工说，“你叫木工赶快造一架小模型，按你的想法上漆，明天大家看看再定。”

第二天，这位喷漆工拿来一个漆好的模型摆在大家面前。他大概自己也没有料到，他按各个局部色彩设想出的方案，在整体上竟是这个样子——简直一只奇异品种的花甲虫。所以他再也没有说话，静听张伟校长作决定。张伟校长看了看那五颜六色的模型，将手向我一挥，说：“按你的方案喷！”说完转身就走开了。

越过海峡归来的试飞员

飞机的试飞，是请滑翔俱乐部的飞行员黄铁骏来担任的。黄铁骏是从台湾驾驶蒋家私人座机“赛斯纳”飞越海峡起义回国的。当时他对卫兵说他要上机看看，不料把飞机开走了。卫兵端着枪在后面追，他起飞后紧贴海面飞回了大陆。他过去飞过许多型号的外国轻型飞机。

在机场，我陪黄铁骏检查了“勤工号”飞机，向他介绍了设计及构造上的细节。他看后悄悄对我说“有一个航空学校测绘仿制了一架苏联雅克-12飞机，你们这架比那架好！”我想大概那一架也是找他试飞的，因此他能作出比较。

1958年12月28日，已经时届年终，是个大风的阴天。我们只能在战斗机不能飞行的天气用工厂的跑道试飞。

为了增强试飞员对飞机的信心，我说：“我陪你飞上去吧。”

这时飞机设计室年轻的设计员涂乃扬站在一边，他挺身而出说：“你别上，我来！”

我感到一种责任，说：“不，不，还是我来。”说着我便登上了飞机。

“勤工号”必须滑到跑道另一头起飞。试飞员黄铁骏载着我滑过整个跑道，到达停在跑道另一端的指挥车。一路上，他一面操纵飞机一面评论操纵的感觉。说真的，在这样大风的不稳定气流中作第一次试飞，我真有些担心。

到了起飞线，试飞员黄铁骏对我说：“你还是下去吧，刚开始我一个人来飞。”

于是我下了飞机，来到指挥车旁。当时天色阴沉，北风呼啸，天空布满铅灰色的厚厚云层。发动机怒吼起来，试飞员松开刹车让乳白色的“勤工号”沿跑道冲向前去，速度越来越快，然后徐徐抬起机头，飞机轻盈地离地而起。

我看到飞机逐渐积累着高度，紧张地盯着机翼下的支杆。这是结构上最重要的构件，我唯恐出现什么闪失。突然“砰”地一声，震得我全身一颤。原来地面指挥员看到跑道前方有人走近，便打了一发红色信号弹叫他离开。他在我身后不远举枪对空发射，枪声响亮把我吓得骤然一惊。

试飞员安全地把“勤工号”飞上了天空。这是一群青年航空热爱者的心血结晶，其中我年龄最大也只有28岁。年轻的心中腾飞的意愿终于化成真实的成果，在长空展翅高飞了，轰鸣着在长风呼号的北国冬天的云层下高奏着凯歌。这种欢声给人带来的欢愉，真是言语难以形容。飞机安全降落以后，青年们欢笑的热潮甚至盖过了北风的呼号。

第二天《辽宁日报》在头版发表了消息和“勤工号”的照片。

“勤工号”与我国破历史记录的第一架喷气式飞机“歼教1”在同年飞上了天空，但晚三个月。在这三个月中，我负责总体设计的飞机已经有三种先后飞上了天空，即“歼教1”“初教6”和“勤工号”。而我这时正在作总体设计的“雄鹰302”（即强5）则第二年才飞上天空。，

以后，勤工号”连续进行了试飞，并向工厂的领导，所有参加设计的青年们，以及航空学校的全校师生作了飞行表演。“勤工号”成功飞行的消息传出后，黑龙江省等单位来商谈订购的问题。但是很快，中国进入到“生活困难时期”，许多生产技术方面的发展都停滞了，“勤工号”的生产也被搁置起来。

很多年后我见到涂乃扬，他已经是航空工业部门一位资深研究员。我对他说，我一直记得他在“勤工号”初次试飞时和我抢着上飞机，那种友善和负责的挺身而出的姿态，使我永志难忘。

“勤工号”的设计有一个特点，即完全是根据设计理念设计出来的。20世纪我国航空界存在一种观念，即飞机设计必须要有“原准机”来进行抄袭，甚至提出“凡是与原准机不一致的地方就是出问题的地方”的偏见，强调一丝不苟的抄袭。

“勤工号”没有“原准机”，结果照样能飞行，试飞员的评价甚至比完全照抄测绘的飞机要好。这是因为飞机设计主要依循的是已经上升到理性认识的一般设计理论，而“原准法”只是依循个别的工程实践的个例。从工程哲学上说，过分强调“原准设计方法”，是在思维方法上过于贬低理论和抽象思维的“机械论”思潮决定的，这种思潮不承认人类理性思维对规律的认识，只浅薄地承认成功的个别“硬件”。

在设计方法上，我的看法是：飞机总体设计主要应该根据需要量和可能来选定型式，优化参数，不应强调对“原准“的模仿。应该使用已有的理论和最新的技术发展，针对需要来设计。但在细节设计上，则应有尽可以多的成熟工程经验来作为借鉴，人类实践的成功经验都应广泛吸收，“博采众长，为我所用”，而不是在一切细节上都从头自己摸索。

我常常说，比如“勤工号”的舱门搭扣，虽然能完成功能，但外形比较简陋。如果当时我们能有轻型飞机成熟的机型可以参考，这舱门搭扣部分便可以设计得更精巧一点。但是谁都明白，门扣不是决定飞机水平的重要环节。

要“以我为主”，同时又“博采众长”，才能走出我国自己设计的道路。

七、 设计生涯的间隙

骤起的山风

我国的飞机设计事业是在1956年欣欣向荣的气氛中开始的。设计室成立不久便产生了丰厚的成果，数十年后人们回忆起来还认为这是中国飞机设计的“黄金时代”。 但是同时，逐渐频繁的政治运动像骤起的山风一般，摇撼着刚刚学飞的雏燕的翅膀。

1957年，“反右运动”在设计队伍中掀起了大波。徐舜寿不同意将一些人打成“敌人”，利用他的地位，曾经保护过同志。但是他左右不了形势。来自机关、工厂、学校、部队的年轻技术人员中，有些人被迫半途离开了设计岗位，以后销声匿迹，到数十年后平反时才找到他们。

1959年四月，当时设计室要叫我筹办第一次“飞机设计展览会”。我除张罗各展览版面之外，还在展览入口绘制了一幅新飞机畅想的彩色大画，完全没有想到这是我离开这个设计单位的告别作品。此图也标志着我的设计生涯三年中断。

我自幼被鼓励画图，日常绘图的笔不离手。以后我深感图形对于工程问题的重要性、我还负责过一系列的“技术展览”的筹办。我觉得对一个飞机总体设计者来说，掌握熟练的图形思维和表达能力非常重要。

这种重要性第一是因为图形可以表达各种抽象的概念，如各种量的增减消长的关系、事物的相互包容嵌套的隶属关系、各种分量的比例关系、组织结构的层次关系、各种组成部分的位置关系等等。许多问题和语言讲不清时，一绘出图形来便一目了然。我常说，一张地图所表达的信息，如果用文字来表达，则写出一大本厚书也讲不清楚。我认为应该熟练地掌握用图形来表达复杂事物的能力。

四月底，工厂派驻设计室的一位领导找我谈话，通知我说：决定派我即刻到车间报到接受“劳动锻炼”一年。

这时，将知识分子调离岗位到基层进行“劳动锻炼”的办法还刚开始实行，一般认为是对知识分子的一种“惩罚”。但是我表态说，我一定好好接受锻炼。

我当时有一种想法，觉得“君子之过，如日月之蚀，人皆见之”，我长期在知识分子圈子里学习和工作，如果身上有什么毛病，那也丝毫不值得遮盖和保留，我以坦荡之心愿意诚恳地向工人学习。

尽管已经通知我五一后到车间报到，但是设计室还是将我“挽留”了一个星期，留我将这个展览会筹办完毕再走。

我下车间后不到半年，批判“右倾机会主义”的运动便开始了，徐舜寿在设计室遭到批判。以后他被调离了他创建的单位。在飞机设计战线继续作出一些创业的功绩之后，终于在“文化大革命”中被迫害致死，时年51岁。

技术革新

幼时我与父亲工作的工厂里的工人就很亲近，在飞机工厂与工人们也关系良好。但是我却没有“沉浸”在工人群中，自己也作为一个操作者的体验。我想，没有什么，把什么都放下，我认真学，认真干就是了。

我在“钣金”车间劳动，就是用铝合金板料加工成各种飞机零件的车间。下到工段，给我指派了指导我操作的师傅。师傅教我如何使用大剪刀剪切铝板，如何用木质榔头敲制零件。道理虽然明白了，但我在车间在工作台前每天站8个小时都很累，何况一次用大剪刀去剪几十个上百个零件，这样长时间大数量的操作，简直令人望而生畏。

我想，不是很累、手很酸吗？说明那正是我的弱点，是应该“锻炼“的地方。于是我心不二用、目不斜视地紧盯着我的零件，认真努力去干。几天以后，一个在远处工作台上工作的工人，无意中观察了我的工作，见我整天埋头操作，竟然走过来对我说：“你也休息一下！”我一时没有听懂，问“什么？”他大声重复一遍。我忽然感到了他的关怀的温暖。

当时有一件需要操作手动压力机压制的零件，数量很大，工段组织工人日夜班赶制。操作手动压力机需要相当的体力，是一件很费力的活。一位很受尊敬的老工人带着助手竟然一班制出82件，创造了纪录引起轰动。当天夜班，由一个青年工人和我在夜班接着干。我们俩并没有商量，甚至互相没有讲话，只是一件接一件不停地干。到夜班结束时一数，干出了104件。那青年工人在黑板上写下夜班人员姓名和件数，我们就离开了。第二天工段里轰动开了。我没有想到的是，我虽然29岁身上火力还足，但这样猛的体力支出还是使我的淋巴结肿

大了很长时间。

工人们觉得我很认真，没有通常认为知识分子的“骄气”和“娇气”，没过多久，他们便解除了对我的陌生和隔膜，青年工人对我很亲近，一些年纪大一些的老工人也对我很友好。

不久工厂开展“技术革新”运动，工人们搞出的大部分是冲切零件的简易冲模。我这时想：钣金工最主要的劳动工具是榔头和剪刀。我在幼年时“就地取材”搞出一点花样的劲头又上来了，便到废料堆里去寻找合适的废料。经过焊接总装，造出了“气动锤”和“气动剪”，一接上压缩空气，它们便神气活现地“嗵嗵嚓嚓”工作起来。

工厂的工艺科作为专业部门，这时也在搞“气动锤”，他们拿来给我看他们制出的样品，是通过正式的生产渠道制造的，所以外观很精致，很正规。但工作的效果还没有我用废料组装起来的好。为此工厂有关部门派人下来研究我的“革新”，不久北京航空学院的工艺教授下厂来调研，工厂介绍这位老教授到我的工作台前来，询问我的设计的窍门所在，和我讨论。接着，沈阳市举办“技术革新展览会”，工厂特地把我的“其貌不扬”的革新当作“成果”搬到市里去展出。

一次需要在车间悬出一张先进人物的大画，车间的工段长见我是从科室下来的“知识分子”，便叫我来画。我用了画油画的光影和色彩的表现方法，绘出后得到工人们的好评。

从此，车间在完成飞机零件的加工之外，叫我担任黑板报画报头的工作。我还参加了车间的绘画比赛，为此获得一等奖。工作之余，我常到一些工人的宿舍去和他们交谈，一些喜爱音乐、绘画或文学的青年工人，还有我搞技术革新的工人伙伴，也常到我的宿舍来与我交往。

欢呼春天却迎来了寒冬

我在车间平日总在楼下工段里埋头干活，楼上是管理部门的办公室，我基本不去。有一次却把我找到楼上，负责车间青年工作的一位女负责人向我说：五一节全厂各单位要举办文艺汇演。你就为我们车间写一支歌吧。她对我作曲的要求只提了一句话，只说：“写得好听一点。”

这是1960年。于是我连词带曲写了一个歌唱“60年代第一个春天”的表演唱，共分五个乐章。这台节目不但在全厂夺冠，而且代表

工厂参加全市的节目演出，并受到其他工厂特别的欢迎。

自此以后，厂文化宫找我为舞剧作曲参加全市汇演，获得为此节目专发的“作曲奖”。我自己乐思迸发时也写出一些重唱、合唱给文化宫的合唱队演唱。有一次忽然乐兴大发，用一天时间写出了一首“洪水列车”的合唱交响诗，被电台广播。沈阳音乐学院院长曾指示他们的作曲系到厂来研究这个总谱。

一次工厂的管理总部“大白楼”把我找去，再次叫我为工厂写一支合唱，找我的是一位负责全厂青年工作的，也是一个女的。这个任务本有一点“命题作文”的意思，但是她对创作的要求，却仍是车间里给我布置作曲的那位说的同一句话：“写得好听一点”。

于是我再次创作了一部包括词曲在内的五乐章“套曲”，其中较抒情的一个乐章叫“质量小唱”。写完后我向她介绍全曲组成时，她提出疑问说：“质量怎么小唱呢？应该大唱才对。”但是整个套曲好几个乐章都是气势宏大、乐句铿锵的“大唱”，音乐进行到这里需要一个优美小段来缓冲调剂。我想音乐上的理由很难说服她理念上的疑问，便对她说：“产品要提供前方使用，应该像后方妇女缝军鞋一样，一针一线缝进无限情意。”她这才只好随我去。在排练时合唱队员们最喜欢的是这个乐章，大概曲调确实达到了“好听一点”的要求。我指挥了这个套曲演出，大获成功，剧场效果十分热烈。

数十年后我返回这个工厂，见到有些人已经叫不出名字。一位面熟的女士对我笑着招呼说：“质量小唱！”一部套曲给她印象深刻的竟是这个有争议的乐章！

当我写“60年代的第一个春天”的时候，完全没有料到紧接而来是1961、1962年的严重灾害

车间开会说，农村需要一些人力去帮助干农活，决定从车间抽一些人下去。我去找车间的领导说：我报名去一个。那位领导很感意外，说人们正不愿意去，你自己报名当然很好。

这样，我便随一批工人去农村干了一个月的旱田锄草和水田插秧。那活真是很重。这时农村的公社仍然在吃大锅饭，但已经出现了不正常，在农田里基本上只有我们这些来自工厂的工人，除了一个老农和一个农业技术员来指导我们以外，偌大的农业天地里竟没有一个青壮年在干活。等我们从农村回到工厂，铺天盖地的饥荒终于笼罩了整个大地。

我身在物质匮乏的沈阳，算是领略到这个严酷冬天带来的窘境了。

为冷藏的知识找出路

原定我到车间“劳动锻炼”的期限是一年，但在这一年中，全国政治形势，工厂机构和人员都发生了很大变化。我似乎落入了“被遗忘的角落”，直到一年半后，工厂人事部门的负责人才找我谈话，把我调到工厂的工学院去担任教学工作。

在我人生的路途中，有好几次出现前途的岔路口。

我从来没有对自己的工作提过意见。但是自从参加中国飞机设计的创始进程，我在三年内已经作出4种飞机的总体设计，包括2种高速喷气式和2种螺旋桨式，都进入了飞行。那轰轰烈烈的感受，经过一年半的劳动并没有冷却下来。我对不能再度从事飞机设计感到很失望，在谈话中情不自禁地说：我对设计飞机有很深的感情，我希望如果可能，仍旧能到飞机设计的岗位上工作。

凑巧这时的人事负责人，就是在设计室时通知我到车间劳动的那位领导。按照惯例，找我谈话的人应该说：你对工作不应该挑三捡四，应该做一颗螺丝钉，放在哪里就在哪里安身。但是出乎我意外的是，他却说：“我看这不是幻想。”

他的回答使我回味了很多年。为什么他说“不是幻想”？他为什么不教育我放下“个人得失”的任何考虑，指向哪里就打向哪里？是不是他感觉到了当时有些情况是暂时的不正常，过一段时间可能会有所改变？

我对先期调到工学院一位熟悉的朋友说：“我的一贯作风，干什么都要使足一把劲，努力干一番。到这里也一样。”他听后淡淡一笑，说：“只怕你到了这里，有再大的劲也使不出来！”

我以前有许多机会登上讲台向人们讲解飞机的总体设计，或谈航空技术的发展。反正讲的内容我自己懂了，临时边讲边找词，怎么讲都能讲通。现在来讲高等数学，我想不会有太大困难。

我很有信心地参加教研室的教师们互相试讲，不料暴露了我的讲课带有很大的即兴性质。面对着一群高等数学的教师们讲他们早已明白的内容，我越讲越感到惶恐起来，对自己讲的每一句话的针对性都发生了怀疑，其中一段我早已通晓的公式推导，如果在桌上叫我用一

张纸来演算，我必定毫无问题可以把思路贯通。可是现在我手拿一反粉笔站在黑板着，讲着讲着思绪在一个结点上走岔了道，我竟然左冲右闯也突不出来，急出一身冷汗

才终于解开演算上的疙瘩。

一位南开大学数学系毕业的女教师对我的试讲直率地评论说："逻辑不清，语句有重复，中间还出现事故……"

我和她平日里还很友好，不料她娓娓道来的几句评论是这样毫不留情，我傣族我的试讲是令行有们相当倒胃口的了。这对我事先的盲目自满，真是一个严重的挫伤。

我这才恍然大悟，原来讲课是一门艺术，和演出一样，需要事前认真准备。在文艺演出中，在台上哪怕念台词打个格楞也是事故呢！

为此，我常常找一间空着的教室自己单独"试讲"，面对一屋子的空课桌把整个课的内容过一篇，什么时候该讲什么，什么时候在黑板上写什么或画什么，对所写的和画的也讲究一下布局的匀称和笔划的准确。经过一番认真努力，还是这位南开大学毕业的女数学教师开始推荐别的教师来听我的课，说："你去听听他讲课是如何讲的，别人讲课的优点他很快就能吸取，而他的优点别人学不会……"

经过这样的努力，工厂的工学院本来听课率很难确保，而我讲课时却坐得满满的，门外还有外班的人站着在旁听。以后我回到飞机设计岗位，我的演讲总得到很好的反响，我想是得益于教"高等数学"生涯中得到的提高吧。

总结飞机的知识

不久，社会激烈动荡的后果袭击到受到高度照顾的飞机工厂。住宅区路边的几颗榆树的树皮被扒得精光，这是多子女的家庭扒去作为孩子的补充食物。人们开始"两两计算"（而不是"斤斤计较"）每天的粮食支出。食堂供应的主食变成苞米面饼子，粗糙无比，被工人们称为"砂轮"。有时则是深紫色的高粱米饼子，更难下咽。很多人患了营养不良的浮肿病。我的自行车的气门芯坏了，无处替换，只有恢复到英国登录甫发明充气轮胎以前的自行车，蹬着瘪气的轮子满处跑。一位青年工人"发明"了用一根报废的带钢丝网的高压软皮管填进轮胎，不用打气就可以勉强骑着走，虽然跑起路来格格楞楞像是"震骨器"一样，但很得意地表演给我看他的"发明"。

飞机工厂脱离了正常轨道，工学院本来就被认为是“知识分子的冷藏库”，这时停课了，更是把知识深深冻结起来。一位很有造诣的高等数学教师，跑到工厂旁边的郊区收割后的豆子地里去检偶然失落的豆粒，一上午居然收获了几十粒，用热水瓶泡熟了，倒出来香喷喷的一小碗，当着我的面津津有味地叭嗒着嘴享受着，把我馋得赶紧转身走开。

当时前途笼罩着一种迷茫。从工厂传来的消息说，飞机生产似乎遇到了很大困难。把我分配到工学院来教高等数学，但没有课可上。这一切不知道什么时候才会出现转机。

和佳眉分手后的许多年内，我的工作曾很饱满，日常的事情很忙碌，而内心的感情世界却很寂寞。我读过《牛虻》，也读过《保尔》，他们忍受着刻骨的爱情痛苦而忘我地投身于事业，那种带有几分自虐的悲剧性情怀，和我的感受起着共鸣。车尔尼雪夫斯基在《怎么办》一书中描写的意志坚强者在遇到感情生活的突变时，竟然表现出如此令人叹为观止的客观与冷静，也对我有深刻影响。但是，越是表面泰然，内心承受的煎熬更加沉重。

这些年中航空院校招收的优秀学生中，女生甚至超过了一半。她们一批一批地来到我的工作地实习。虽然我当时已经比在校学生年纪大，但也许在为我对文化的爱好和思维的活跃，她们常把我当作同龄人。此外，工厂的业余文化活动中集中了全厂最活跃最才华洋溢的人群。我技术活动及业余活动中虽然接触到很多出色的女性，但我并未用这些机会来解决自已的个人问题。

我也曾结识音乐学院学习作曲的女学生，有的甚至保持过相当长时间的通信联系。但是我一直把她们作为艺术上的朋友，限定自己只谈有关音乐的事情。当事态发展到我必须对关系表态时，我不得不停止这种来往。

在这阴冷灰暗的冬天，我心中涌出一种怀旧之情。我怀念那意气风发设计一架又一架飞机的日子。记得一次我从北京开会回来，到达沈阳是清晨。当时公共汽车只开到北陵门外。我本应该沿着公路绕过松树林走回林后的工厂。但凭着我多次穿过松树对道路的熟悉，我选择了从松林中的小路穿过的近路。不料前一夜下了漫天大雪，松林内的道路都被厚雪复盖。没有了道路的参照，所有的松树看起来都是一样的，再也辨别不出方向。我在树林里一脚深一脚浅地在雪地里左冲右突，后来还是听到远处隐隐的汽车声，循声摸上公路，才疲惫不堪地返回工厂。

一进办公室，热腾腾的暖气扑面迎来，并且迎面看到很多年青的新面孔，都很注意地看着我。原来当时我们作为国内唯一设计飞机的基地已经成为关注的焦点，从两个航空学院同时来了一大批男女学生们来此实习。他们正等着我从北京开会回来给他们讲课。我那时自己也还年轻，火力很旺，脱下大衣马上给他们答起疑来。

可是，才过去多少时间啊，为什么在工学院这间光线不足的清冷的教研室回忆起来，这些却离我如此遥远了呢？仿佛那是上古时期以前发生的事情。

我当时还刚满30岁，事业前途存在一系列的问题没有解决，而形势显得那样萧条冷寂。我有些感伤，没有什么事使我可以抱有期望。我的未来一切，只有靠自己性格中的坚韧才有可能坚持。无论如何我不能任生命在无所事事中沉沦下去。

这时工厂的生产已不正常。附近几座工厂有几个喜欢拉小提琴的工人、技术员和军代表提出想向我在业余时间学拉琴。我便每周抽出一个晚上在文化宫义务给他们上提琴课。同时我觉得当时传统的提琴曲目中很少中国风格的曲子，便打算用全国各地的民歌素材创作一些小提琴独奏曲，我用内蒙民歌风格写的“草原的故事”和用新疆民歌主题写的“葡萄架下”我已经在工厂文化宫及市内多次演出，颇受欢迎，我还曾将一些这样的创作拿到音乐学院去听作曲系和提琴系教师的意见，也得到不错的评价。因此我打算继续音乐上的创作，凑齐十首。

在业务知识上，我这时想，我从事飞机总体设计，涉及了飞机技术的很多门类，超过了教科书含量十倍。我想应该把它们写下来，并且决心不参考任何已有的教科书，完全按我自已的理解，用我自已的语言来表述。这样，我不顾身体感受到的饥寒，全身心地投入到这一“写作”中去。

当时东北的办公室已经停了暖气，早上打开墨水瓶，墨水冻成了冰。写字连纸也没有，便把学校过期的多余考卷翻过来在背面写。可是那时的纸张质量已经下降到宛如砂纸，其反面比农村的草纸还要粗糙。我就在这样的砂纸上蘸着化冻开的墨水一笔一笔地写，倒是好好练了一回写字的基本功。

这部书到我离开这个单位也没有完成。但是在物质生活困难到了极点的时期使我有了一种精神寄托，是一种自已为冻结的知识寻求出路的努力。也许这是唐.吉诃德式的英勇，但确实使我好好回忆和总结了一些自己在飞机设计方面的感受，在以后回到飞机设计岗位后继续工作30多年中，不论在设计方面和科技写作方面，自己感到心里比较

有底。

从这个时期开始，我在每夜入梦前经常设想一架新飞机的结构来自我催眠。我想像用不同的材料，如木材、铝合金或者复合材料来形成梁和框，构造出一副合用的机翼或机身，有或间或繁的多种结构方式每轮换着构思一遍。在想像中构造着每一处细节，直到沉沉睡去。缜密的飞机结构和高高飞翔的情怀简直成了我长年来的催眠曲。

另一方面，自从我经常给工厂的业余演出作曲，我逐渐领会到作曲所应当遵循的，是从很多的音乐实践中总结出来的音乐美学原则，(如应避免不在一个和弦内在同一方向作大音程的连续跳动，如增音程的跳动引起旋律感觉的不自然，如不协和弦向协和弦的解决等)，而绝不是对一支已经存在的歌曲的。与此相反，越写出有独立个性的作品，就越有生命力。

这一点在工程设计中也是类似的。飞机设计绝不是如有些人想像的那样，只是用现成的飞机复制出一架赝品来。而应该使用已经总结为更高层次的理性认识，来创造一个新产品。这样才能使飞机获得独立的知识产权、具有自我发展的生命力。但是这一点，长期来没有在我国的航空产业内得到更多人的共识。

英国一位剧作家说过：“戏剧大师们的教导，与其说告诉我们应该如何，不如说是告诉我们应当避免如何。反面的教训比正面的经验更有益。因为经验可能使我们成为模仿者，而教训使我们避免危害的同时，丝毫不损害独创性。”我觉得这一点对于音乐作曲，甚至对于工程设计都有共同之处。也许这正是为什么有些“知识丰富”的人却创造力低迷的原因。他们知道太多好的东西，以至于模仿都来不及，没有精力和胆略再去创造了。他们过于看重已有知识的堆积而忽略了对创新能力的开发。

当然，就作曲而言，另一个极端是走向不按任何规律，将音符作毫无规律可言的上下乱窜，写出错综零乱毫无美感的乐句，这也是进入了另一误区，那是人人都能写作的无序音串，而绝不是创作。同样在飞机设计里，如果并不清楚基本规律而单凭个人胡思乱想的任意发挥，也很少可能形成有实际价值的设计。

我生活最困难的时光，就是在工学院这一段全国饥馑的日子。我是靠在技术上的回忆和艺术上的创作来强迫自己打起精神，渡过了这难忘的岁月的。

这个时期，我了努力总结在飞机设计技术上的心得之外，还读了

不少文学艺术、音乐和戏剧方面的书。与我同在一间宿舍的冯家斌，后来成为我国飞机外形设计专家。很多年后我遇到他时，他告诉我说：“我常常向别人谈起，我和程不时那时住在同一宿舍，所以我对他的情况全部都了解，他的事我都知道。”

我好奇地问：“你了解些什么？你说了些什么？”

他说：“我向别人介绍说，这个人当时看了很多书。看完一本，就向肩膀后面一扔。因此在他的床和墙壁的夹缝里落下很多书。我就检过来看。所以，他知道的事我全都知道，他会的我也都会，只有电影编剧的书我没有看，所以他能编电影剧本而我不会。当时他常常坐在那里写字，晚上洗脚把脚泡在水里也还在写。星期天白天，他坐在那里写，写累了，就跑到盥洗室，把头伸到水龙头下面，打开龙头用冷水一冲，冲完把头一拨楞，回到房间坐下来继续写。”

他一面讲一面做着动作，那模样，分明是小狗从水里爬上岸后甩掉水珠的作派。我听得捧腹大笑，说：“你把我讲成一个怪物了！这是在表演你自己空口白描的夸张本领吧？”

1962年，东北的严冬刚刚过去，天气开始转暖。

事先没有任何征候，没有任何暗示。一天忽然有电话来，通知我到“大白楼”厂部办公室去一趟。这一去，就像航空史上飞机的速度越过音障一样，将我带到另一番境界。

八、 超过音速

重新试制

1962年春天，人事部门的领导找我谈话。找我的就是在“第一飞机设计室”时通知我去车间“劳动锻炼”、并在“劳动锻炼”之后通知我到工学院去报到的那位领导。他一开始便对我说：“我说过你回到设计岗位不是幻想的话，现在调你到工厂设计科去担任主管设计师。

难为他还记得上次和我的谈话，那次谈话仿佛只是为了当前任命的一个铺垫。

原来，1959年至1961年全国形势大动荡，对工业生产造成不可想象的损失，质量严重失控。这个飞机工厂刚生产出一种先进的喷气战斗机，产出了几百架，但部队因质量问题拒绝接收，不能出厂，便长期拥挤地摆在机场跑道的两侧，蔚为壮观。有人说，如果当时发生战争，敌人只要空袭这个机场，一次就可以消灭数百架飞机。北京来了一位高层领导，在工厂办公室用手杖戳得地板“嗵通”直响，大声斥责：“你们这是干什么，是怎么搞的！”

于是经过决定，对这种机型重新试制。 这次必须严格把关，质量上一丝不苟。在人员配备上，也作了一些调整，要调用一些在技术上能担当起任务的人员，重新走上技术岗位。

在历史的进程中，有些原被“冷藏”在工学院的人被解脱了出来，他们中有些人在以后我国一些重大工程项目或教育事业上作出了可贵的成绩。在这种背景下，我也从冷藏中被解冻出来。

超音速是怎么回事

飞机的飞行速度超过音速，是航空技术发展中20世纪中期发生的最大转折之一。围绕这件事，出现了航空理论上及工程实践上的突破。比如美国研究空气压缩性作用的航空科学家冯.卡门、第一个突破音障的美国试飞员耶格尔，就此名垂千古。

我在一些场合常常讲到，声音是人的耳朵这个器官感受的现象。人还有其他器官，比如鼻子是闻气味的，眼睛是感受光线的。为什么

史有音速成为航空的一个重要速度，另外气味和光线的速度却对飞行没有突出的影响呢？

音速之所以重要，是在为音速是空气中压力传播的速度。当飞机以低于音速的速度在自由的空气中运动的时候，空气是压不住的，有如我们用手掌去拍打空气，拍过去空气就让开了，空气是压不住的，所以感觉上是拍了一个空。但是如果用高于音速的速度去拍打，超过了压力传递的速度，空气还来不及让开物体就闯上去了，就像一辆汽车闯进缓慢移动的牛群，前行的车子就会受到很大的阻碍。也就像用打气筒打气去压缩空气，不但很费力，并且气筒很快就会发热，用的气力一部分花在了发热上。所以超音速飞行要对付空气被压的现象。

飞机的速度超过音速，是在二次大战后期出现了喷气技术以后才成为可能的。我接触到这种现象，是在我大学毕业之后，在航空局的技术科工作时期从国外的刊物中看到报道，然后据我所知的情况写了若干介绍的文字在国内发表，引起了高校一些教师的注意。比如“跨音速面积律”这个压缩性现象就是我首先向国内报道并且命名的。但是把压缩性作用下的知识真正用于实际的飞机，则是在60年代初我回到飞机工厂的主管设计师岗位以后。

我们“重新试制”的一种喷气战斗机，是国外设计的一种在打开发动机加力燃烧室后可以短时间超过音速的飞机，在我国被命名为“歼6”。我被任命为三个主管设计师之一，由我主管总体、空气动力、强度和试飞几个专业，另两位主管设计师原来就在设计科工作，一位负责结构，一位负责系统。

这种飞机顺利进行了重新试制，通过了质量检验，开始大批装备部队，作为我国空军和海军的主力战机，战功卓著，成为半个世纪的传奇。到了21世纪之后，我从互联网上公开资料上看到，“歼6”战机共生产了五千二百多架。其中出口援外一千七百多架。

1962年，我国引进了一种更先进的战斗机，国内命名为“歼7”，这种飞机不用打开发动机的加力燃烧室就可以达到超音速，可以长时间用超音速飞行，达到的超音速程度更高。指定由我负责这种飞机的设计技术，其他两门主管设计师则继续照顾新试制完成的“歼6”飞机的日常生产技术问题。

从“门诊部”进到“主制工厂”

我与设计科内的技术人员还有其他设计所派来支援的有关人员一

起，首先对“歼7”这种新机型各方面的技术特点进行“摸底”。它究竟是怎么达到超音速性能的？它是如何解决新的性能单重的各种新问题的？各个部分有什么特点？这时，航空工业局已经改为航空工业部，以我所在的工厂为“主制工厂”，另外组织了许多有关的工厂都来协助这种飞机的试制。

过去飞机工厂试制一种外国飞机的时候，最早有苏联专家在技术上协助。工厂的各个部门如果出现问题，往往直接找有关的专家帮助解决。这时技术信息流的总汇，实际上是在国外。当苏联专家对具体问题也解决不了的时候，就由他们反映到国外去，最后由国际上发表一个处理意见。在“歼6”试制时中苏关系已经恶化，工厂不再有苏联专家，工厂的各个单位“各司其政”，整个工厂的解决技术问题的机制，有些像医院的“门诊部”，病人有病来医院，外科病找外科，内科病找内科，五官科病找五官科，整个技术问题的处理，没有一个经过统一规划的体制来保证。

“歼7”的研制是在国内独立进行的。工厂应该从“门诊部”似的各部门“各施其政”地单纯仿制一架外飞机，过渡到“主制工厂”的身份，即对这个产品有一个全盘了解和总体打算。这时工厂的上层管理部门以及全国有关的工厂和研究机构，都需要了解一下这是一架什么样的飞机。

于是我被邀请到工厂的管理中心“大白楼”去作关于这架飞机总的技术面貌的介绍。并在航空部召开的各厂代表出席的会议上作“歼7”情况介绍。我发挥出长期形成的“图形思维”特长，布置设计人员事先绘出大幅的图纸成排地张贴在会场（当时没有幻灯及后来的电脑多媒体宣进工具）。总算把这种飞机从总体到各个值得注意的局部特点作了清楚的讲解，博得与会人士及部里来的头头们的赞许。

首批试制的“歼7”，是由国外运来部件在国内总装。我在现场时处理工程进展中出现的技术问题。夏天，飞机运到外地一个机场， 在那里进行首次试飞。我随同一群机务人员一起来到试飞现场，来了一个空军师的师长代表军方，他带来一位该师的“尖子”试飞员葛文拥。

这位试飞员有一段有趣的经历。不久前从台湾起义飞回来一架美制F-86，国内的飞行员都没有飞过，而国内没有该机详细的资料，对各种动作的进入速度不确切了解。但为了了解该飞机的性能，是由葛文拥上去试飞的。他来试飞第一架“歼7”时，就带来那起义的飞行员带来的美式白色“飞行头盔”。当时国内空军驾驶员都是戴苏式黑色飞行软帽，他头戴白色头盔试飞，在为一道独特的风景。

这时我的个人生活也出现了一个变化。1963年，我在北京工作过的航空工业设计院派一群技术人员来沈阳工厂出差。其中有一个新从航空学院毕业到该院工作的女大学生，名叫贺亚兮，是学习非金属材料的。我听说她参与了飞机座舱盖的“银纹”的研究（银纹是指非金属透明材料上的一种数量很密集但很细小的裂纹），并且很有心得，便邀请她给工厂的技术人员作一次讲课。在课堂上，她的整个形象是一个稚气未脱的学生模样，但是面对一群长年在工厂摸爬滚打的老资格技术人员，她却没有露出一丝畏缩，而是落落大方地站在黑板前侃侃而谈，说得兴起返身在黑板上画上几根曲线，写上几个外语词汇，她表现出的这种自信，使我很惊讶。

后来才知道，原来她在学校时在班上功课很突出，毕业答辩由北京著名科学家主持，她答辩时由于概念正确和表达清晰而获得高度赞扬，得到了全班毕业答辩的最高分。另一方面，她自中学起就是女子排球选手，甚至被选拔进省队，在华东地区征战过上海等地，因此在千人瞩目下跳跃扣球满地打滚也毫无不自在。进了大学之后，担任过大学女排的队长。

她的明朗坦荡，一方面来自对自身能力的自信，另一方面也是因为不谙世右，毫不懂世故。当时有许多女学生到我们工厂实习，在工厂的大道上来往的人群中，出现一些年轻的知识女性并不稀奇。但是她以特有的风度和形象总是吸引着路人的眼光。但她自己对这一点毫不知觉，若无其事地和同行的同事们谈笑自如，引起人们奇怪地互相探问：“这是从哪里来的一位这样的人？”

我和她互相结识了，并开始了来往。工厂技术人员对她与我的结交评论说：“一个身在北京工作的高等学校毕业生，居然与一个在沈阳工作的人交朋友，这种眼力就很不平凡。”

以后，我针对“歼7”飞机在设计上存在的一些弱点进行了研究，提出了改进该型飞机的几点意见。这时，有关方面决定歼7的生产换由另一工厂进行。于是我长途跋涉来到这一工厂，向他们全体技术人员介绍了该机的技术特点，及提出几点改进的想法，供他们以后工作参考。以后，歼7成为该厂重要产品，他们也成功地对该型飞机作了一系列改进改型工作。有的改型的型号，到了21世纪还在世界热销。

时间到了21世纪后，我从互联网上看到公开发表的数字表明：我参与第一架总装的“歼7”飞机，在我国共生产了二千四百余架,，并出口援外到很多国家。由于这种飞机的“性价比”很高，所以被世界很多国家采用，连同其原型机苏制“米格21”在内，成为上个世纪产量最大的战斗机。

九、 能飞的东西都纳入视野

作为航空设计师，能飞的东西我都有兴趣，我都关心。

有人对此持有异议，他们要问你是设计什么机种的。你只应该限于在这种机种上做文章。可以修修补补、小打小闹、做一点锦上添花的事，但决不应越雷池一步。至于飞行的方式、飞机的种类、航空器的发展，那是早已经穷尽了的，早已定型了的，再没有什么事需要你去关心。你也绝对不应该去关心。

其实，早在古希腊的亚里斯多德时代，就有人认为人类的发明创造已经穷尽了。这种思潮每隔一阵就要卷土重来，到了20世纪末，又有人说人类对科学的认识已经穷尽了。

但是不同意这种狭隘见解的大有人在。70年代我遇到我国的飞机设计师陆孝彭，他在强击机岗位，但是设计出一种“空中李向阳”轻型歼击机，他还提到他的一篇论文，谈的是非常规航空器“空中吉普”。我遇见美国洛克希德公司的总设计师柯尼希，他在大型运输机的岗位，但谈笑间回忆起他搞过超轻型的旋翼机。

把人的思维和视点强烈限制在狭窄的区域，是苏联在历史上曾采取过的办法。苏联十月革命之后，由于大批镇压，驱逐知识分子，急需大量的技术人才填补工作岗位。所以当时联共中央和中央苏维埃都曾连续通过决议，要求“用灌输现成药方的方式紧急培养急需的技术人才”，而这就成为苏联长期科学技术教育的特色。

徐舜寿的夫人告诉我，她的一个亲人苏联十月革命初期在苏联，苏联内战时期对外科医务人员的训练，锯腿的专门学锯腿，锯手的专门学锯手，学完了立即上前线去锯他们熟悉的部位。在飞机设计上也同样。比如他们将飞机设计局分为设计战斗机，强击机，和轰炸机的分工，在一种飞机上设计出一定成就以后，就不断吃老本，很少跨越机种的界线作出贡献。而英美一些著名设计师，往往对航空事业有多方面成就。甚至沙俄时代的著名大型飞机设计师西科斯基，后来却成为第一架直升机的发明者。沙俄时代都出现过的具有多面才能的人，在苏联把人当作“工蜂”的采蜜能力一样专业化培养的教育路线下，不会出现。

我曾在完成正常的飞机设计任务之外，用课题研究的形式领导和

参与过几种“非常规”航空器的探索。我涉及的式样，在常规定翼类内有高速及低型、小型及大型飞机，还参加了研制伞翼机；在旋翼类里则研制过自旋航空器和直升机、也接触过气垫器、甚至空气静力航空器如飞艇等。

这些活动，同样开阔了我的视野，增长了我的才干。我很庆幸没有成为一个航空技术领域内仅有常规技艺的匠人。正如爱迪生所指出的，一个人如果只在他的能力范围之内行动，算不得什么出息。胆略是一个人的基本特质之一。这些探索活动，形成了我对航空领域比较广阔的视野。

驾驶旋翼机腾空

我探讨的第一种简易航空器，是旋翼机。

在航空发展的历史上，旋翼机本是直升机的前身，以后为直升机所取代。旋翼在气流中自旋产生升力，这种航空器起飞距离很短，但不能垂直起降。直升机出现之后，旋翼机就成为了历史的陈迹。

60年代，一个名叫本生的美国人采用直升机一种“翘翘板”式桨毂，倒回来用在旋翼机上，发展出一种构造非常简明的“旋翼滑翔机”，全机基本上由三根互相垂直的杆件组成。顶端是扁担式两叶旋翼，驾驶员坐在髁露的坐椅上，用一根钢索拖在汽车后面就可以飞离地面。这种航空器是当时能够载人升空的最简易的一种构造。这时飞机已经有了很好的性能，但是飞机的构造却仍是相当精密而复杂的，人们还在向往能像自行车一样骑着就可以上天的装置。而旋翼滑翔机显示了向这个方向的一种发展。

1963年，沈阳飞机工厂的副总工程师孙大文把我找到他的办公室，他当时负责全厂的科研项目，问我能提出什么航空器方面的研究课题。我说目前世界上最简易的航空器就是新出现的旋翼滑翔机，这种东西技术规模不大，是工厂的业余课题小组可以承担的。孙大文说很好，你写一个课题申请报告，我来批。

但是我对旋翼工作原理的认识限于书本上的分析，我感到首先需要通过一定的实践来取得一些对这种事物的基本感性认识。

我在“第一飞机设计室”时期的同事汪子兴，制造航空模型的器材和工具都很就手。我便请他用一片简单的木片做一副自旋的旋翼模型，检验一下这种旋翼的工作原理。他很快便用一片航模木片削制了

一副旋翼，装在轴上，在气流中果然试出了很好的自旋特性。他住的“文南一栋”是一幢平原上单独的建筑，在东北的秋天里，建筑转角处有很大的风。我就利用这屋角的风当作天然风洞，反复试验这个旋翼模型。

用这么简陋的方法来试验“航空器”的原理，有人可能认为很不严肃。当时甚至有“夫子型”的以饱学之士自许的人说：“现在的航空已经发展成为一种精密的科学，不再需要莱特兄弟的原始精神。”我不想举出伽利略从比萨斜塔（一座建筑学上失误的建筑）上用一个铅球和一颗废炮弹来证实重力加速度的试验的例子，他也是尽可以利用现有的条件来拓展新的认识。从60年代后期兴起的“系统工程”的角度来看，这正是研制工程产品的一种“快速原型法”的原理，即向未知领域探索时，重要的是首先要尽快地达到认识的彼岸，取回重要的信息反馈，建立进一步工作的基础。我在80年代末向航空学院的青年教师和研究生进行“工程设计中的系统工程”的讲座中，就引用了我们用一片木片制成的旋翼模型在自然风中试验自旋原理的例子。

孙大文副总工程师批准了我们的课题之后，设计部门为我配备了几名大学毕业生当助手，一同来探索旋翼机。当然，我们从旋翼，构架。座椅，操纵系统，起落架和尾翼等每一部分都必须从零开始完全自行设计。这实在是一个充满乐趣的创新过程，是对一种健康的设计能力的考验。而最富挑战性的是翘翘板式旋翼的桨毂部分。当时国内没有办法看到这种构造的实物，也没有任何书刊资料中看到这种构造的实质性叙述。而这却是旋翼滑翔机最关键的部分。

最后这部分的突破，是完全从旋翼工作的空气动力原理推导，弄清了其构造实质，然后自行摸索设计出来的。当事情弄清楚之后，才知道构造可以如此简单便解决了问题。以后北京还有人模仿我们的旋翼机研制了旋翼机。我们在桨毂上已经淌开的路使他们在这个环节上不需要再走弯路。后来我们才知道国外的旋翼机也是采用了与我们同样简单的构造。但我们是独立研制出来的，达到了异途同归的结果。

如果我们当时有借鉴的条件，就可以缩短探索的过程，少走弯路。但是没有借鉴也可以靠原理分析而克服难关。在科学技术发展史上，平行进行的探索不胜枚举，如果互相等待，技术就不会有这样的发展速度。

我们把旋翼机安装起来之后，先在自然风中试验，旋翼的自旋状态良好。但我们都没有驾驶飞机的经验，试飞成为难题。我们先把旋翼机安装在平板卡车上，用钢索将它松驰地连接在卡车上，然后令卡车逆风行驶。我坐在旋翼机的驾驶座上，旋翼呼呼地自旋起来。随着

卡车速度加大，我突然拔地而起，悬在钢索上。由于我与卡车驾驶舱之间的联络困难，一时竟无法使卡车停下来。据在地面观察的人们说，旋翼机升力之大，足把卡车提得一掀一掀地向前窜进。

这是在中国的国土上第一架这种奇特的航空器，在国内不可能找到现成的试飞员，只能靠自己。但是我们谁都没有驾驶飞机的体验，甚至连驾驶低速的滑翔机的体验也没有。于是我和几个助手，从工厂开了一封介绍信，申请到沈阳市内的滑翔学校去体验一下飞行。滑翔机厂一位飞行员听说我们的意图，惊奇地说："你们真是和莱特兄弟研制第一架飞机一样的精神，佩服佩服！"

我们来到了滑翔机学校是一个有风的上午。正巧那天沈阳航校来了几位教员，他们也来"感受飞行"的。他们说，他们成天给学生上课，讲空中机动飞行时将产生"过载"，但他们从来没有体验过，今天特地开一封介绍信来，要求在空中体验一下"过载"是什么滋味。

滑翔学校先给他们安排了一次集体感觉飞行，叫他们乘坐在一架"安二"飞机上起飞了。安二飞机是双翼机，机翼面积很大，翼载很小，在这个有风的早晨，一起飞便摇摇晃晃。不料刚飞到300米的空中，驾驶员突然推杆，飞机的尾巴向上翘起来。然后又突然一拉杆，机头向上，飞机一俯一仰地，简直像一个用"海豚式"游泳的运动员似地在空中起伏前行。

我想那驾驶员并非出于恶作剧，而只是忠实地执行叫航空学校教师们感受"过载"的任务。只不过他没有想到，对于不经常承受过载的人，如此频繁地反复施加正和负过载是一种什么样的折磨。飞机如此转了两圈，着陆以后，门开处冲出了一群跌跌闯闯的乘客们，面色惨白长呼短叫，煞是可观。

接着安排对我的感觉飞行。我带来的介绍信是和两个同伴分别登机上天。和我同来的两个人看到前面那些航空教师们冲出飞机的狼狈模样，紧张地睁大眼睛问我说："你还上吗？"

我说："当然。"

安排我乘坐的是一架双座初级教练机。我对那位飞行员说，我要感觉一下飞行，感觉一下失速等特技。他说，失速你做不了，我来给你做。说完便起飞了。自然风仍然很强劲，但是这架初级教练机的翼载却使它的飞行很稳定，我简直感觉不出风的扰动。

在机场时感觉这天有薄雾，但飞到天上，因为是垂直穿过雾幕看

地面，所以视界很清晰，空气比在地面时看远物透明得多。飞机低飞越过沈阳铁西区的上空，我甚至能看清楚机械工厂后院堆积的金属切屑的丝丝卷曲形状。虽然地面景物变小了，但是如此清楚地呈现在眼前，使我并不觉得飞机与地面之间有高度间隔，而像是一张给制细密的地毯直接铺在翼下。

爬升途中，驾驶员把操纵飞机的任务交给了我。我维持了一段稳定的爬升。我一直保持着小心翼翼的心态，觉得飞机处在一种岌岌可危的平衡中，如果机翼稍有倾斜，飞机就会向一边滑过去撞向地面。我听到教员叫我转弯的指令后，便果断地向一侧压杆，并向同方向蹬舵。我发觉并没有下坠的感觉，而是惊奇地看到机翼下的那张地毯在眼前斜竖立起来了，并且围着下倾的翼延伸指向的一个虚拟的圆心旋转起来。我知道自己操纵飞机成功地进入了水平转弯，这种成功的感觉真是痛快至极。

我连续转弯把把飞机保持在指定空域之内，直到再次来到机场上空。这时飞行员对我说“现在我来做动作，先作一个左滚翻，然后拉起作一个斛斗—”他坐在前排，转过身向后座的我说着，一面用手掌翻动着表示飞机的动作。我点点头，说“明白”，一面赶紧把手脚都离开飞机的驾驶杆和脚蹬，深恐干扰他的操纵动作。

猛然飞机向左倾翻过来，变成底朝天，然后一头向下裁去，眼看着机场跑道的俯视图像一张立起来的图画一样竖立在风档前。然后飞机在高速中拉起，风档前的画面从地面变成天空。人感觉到头部和手脚的重量都加大起来。这个猛烈的动作，使我感到这种特技类飞机在空中真像一叶小舟一样灵巧。我们在空中作了几次斛斗，斛斗中的最大过载可能达到4 ，就是说人体经历了四倍的体重。

然后飞行员又通过耳机通知我说：“我现在来做失速。”坐在飞机里感受“失速”真是惊心动魄的经历。首先看到油门杆被前座的驾驶员“嗵”地一声收到底，螺旋桨的转速慢下来，直到变成懒洋洋地慢转。虽然四周没有参照物可以判断飞机的速度，但是你可以明确地感到飞机前行的速度减慢了下来。这时你不自禁会把心提到嗓子口来，等待飞机随时会掉下去。这个过程很慢，飞机几乎静止在空中，突然“蹭”的一晃掉下去。

驾驶员猛推油门和驾驶杆，恢复飞机的操纵，一面对我说：“看到没有？这次是左机翼先掉。再来一次……。于是，他再次收回油门，将飞机悬停在空中，我心惊肉跳地再次等待飞机猝然掉下。

我们连续感受了几次失速，才下降返回机场。

飞机在停机线上停下之后，我从座舱跨出来，地面的人都满怀深意地盯着我的面孔。我后来才知道，从地面看来，这架初级教练机在空中所作的特技动作，比前面那架安二的起伏航线飞行要惊险得多。地面的人都等着看我经受空中折腾后的洋相呢。谁知我一脸泰然，面不改色，聚精会神地听飞行教员对我操纵飞机的讲评。他说："不错，不错，小球略有一点偏，带点侧滑。球向哪边偏就向哪边各为蹬舵就纠正过来了。你还没有完全习惯。不错不错，总的挺好。"

教员对我操纵的鼓励简直使我心花怒放。跟我一起来的两个同伴，看到我在天空的飞行轨迹如此惊险，吓得放弃飞行的机会，不敢尝试了。

经过这次简短的感觉飞行，我们回到工厂，在跑道上用一辆吉普车拖着一条长达20米的钢索，牵着旋翼机在跑道上试飞。我的小组成员和我轮流操纵着旋翼机。其中飞得最高的一次是我在驾驶座上，吉普车开始前进，拉着旋翼机逐渐加大了前行的速度。头上的旋翼更加起劲地旋转起来，带着呼呼的风声。忽然，几乎在猛然间我感到被提升，本来在我前方的吉普车突然出现在我的右前下方，向我露出了它的顶部俯视图！

我知道这一下我已经腾空飞到了高处，位置略有一些向左偏。我想到操纵新手的毛病是反应不够敏捷，有些滞后。等我们感觉到一个现象，这个现象可能已经发生，而不能杜渐于微。我的操纵反映千万不能冒失，不能过头。想到这里我略为向右偏了一点操纵杆，并且使机头略为向下，我感到飞机的姿态纠正过来了，并且飞机的飞行轨迹逐渐下降，终于平稳地落回到跑道上。这次的突然升空，实在是因为我操纵反应迟钝，才使我未经预谋地飞到了十米高度。

以后，北京少年宫的航模教练汪耆年到沈阳来，看了我们的旋翼机，他回到北京后和一家工厂合作也按我们的式样造出了一架。汪耆年本人受过驾驶滑翔机的训练，所以他操纵这种拖曳滑翔飞行很得心应手，并且曾向北京一些有关的机关表演。后来汪耆年离开这个项目之后，该工厂的人员改变了桨毂枢纽的结构，在挥舞所需的空间里塞进一块硬橡皮，因此而破坏了旋翼的"跷跷板"功能，从此没有再飞起来。

通过这次探索我对旋翼机的认识，觉得旋翼滑翔机作牵引飞行确实是一种技术代价极小的升空方式。作为一种航空运动，或特种用途（如在海上的船舶，甚至潜艇上配备这样的牵引滑翔机占用的体积极小，但必要时可以由船牵引而使了望者升空，不失为一种简易的扩大了望范围的手段。）但是旋翼机如要装上发动机使它具有独立的飞行

能力，则需要重量级轻而功率强大的发动机，国外常用大功率的靶机发动机，重量只有35公斤而可以发出72马力，我们当时在国内无法获得这种发动机。但我已经看出旋翼机的升阻比很小，飞行所耗的功率颇不经济，抵销了它在结构简单上的优点。不宜作为广泛使用的航空器。后来北京有人准备再研制一种带动力的旋翼机的时候，我曾写一封长信去阐述理由阻止了这个打算。

被运动中断的单人直升机

当我们对旋翼机的探索基本告一段落的时候，工厂负责课题研究的副总工程师孙大文把我找到他的办公室对我说，他在一个展览会上看到一种双桨共轴式的直升机，问我们是否也可以探索一下。

我说，双桨直升机并不是新的飞行方式 ，而是研制直升机最古老的方案，但很长时间没有取得成功。直到30多年前西科斯基采用尾桨式后，直升机的研制才告成功。目前世界上最大的和最小的直升机都是尾桨式，只有苏联的卡莫夫专门研究共轴式直升机，还有美国的卡曼公司研制了一种很近似共轴双桨的型号。他们的产品虽然能飞，但并没有大量使用，原因在于双桨式虽然看起来少一个尾桨，但多一副主桨，其结构重量，功率损失，及操纵的复杂性都比尾桨式为大。

我认为共轴式之所以一再引起人们一定的兴趣，在于主要是从静止的照片上观察，觉得这种直升机没有尾桨所以机身短很多，似乎起飞所需的面积也很小，但实际上只要旋翼转起来，仍然在旋翼直径之内不能有异物，所以起飞场地和尾桨式相差并不大，而节约了一副尾桨，却增加了另一副主桨。尾桨的重量和功率都只占主桨的1/10。因此，我认为研究直升机共轴式至少在当时没有前途。如果要研究一种供单人使用的直升机，我认为最好的型式还是尾桨式。

孙大文副总工程师听了我的陈述后，说：“那就设法找一台发动机，探索一下尾桨式单人直升机吧。”他这样说，因为在60年代，我国航空科研战线上出现了一种探索小型航空器的形势需要。

但是当时国内很难找到合用的发动机。后来我们打听到一个单位有一台报废的捷克产发动机，原功率为105马力，目前估计最大能输出90马力。重量也很重。我想它唯一的好处是气冷式，为此不需要再带水箱。就同意调来试一试。

当时设计部门派了三名大学毕业生来作我的助手，进行“单人直升机”的设计研制。我们围绕这台已有的发动机，设计了钢管焊接的

机架，铝合金薄壳式的尾筒，及主桨毂和尾桨毂，传动系统，倾斜盘操纵尾桨等全套部件，仅仅主桨叶采用原来“旋翼机”上的，而手脚操纵则从一架试验后的直机残骸上拆下来使用。

我长期从事飞机（定翼机）设计，这次设计这架直升机时，一个很深的感性印象是，直升机的构造远比飞机和旋翼机复杂得多。而最重要的构造都是机械传动方面。我在大学时的课程研究的题目就是直升机，当时直升机还刚出现不久，社会一般对这种飞行方式由于其起落方便曾寄予很大的期望。但是直到它出现半个世纪之后，在全世界仍只占航空器的约4%。在我看来就是因为过度作为复杂而使购置成本和合用维护成本比常规飞机贵好几倍。直升机至今在一些特殊用途上，如军事，警方及石油平台的运输等方面显示出优点，而在大量的日常社会经济活动中，则仍由飞机主导着很多使用领域。

我们设计试制的“单人直升机”装配完成之后，由于直升机的试飞是一个比飞机和旋翼机更加困难的问题，我们只进行了地面试车。“文化大革命”就打断了这项探索工作。

后来，沈阳滑翔机厂的张汝瑛工程师，领导着该厂设计室几个年轻的工程技术人员对这个项目感兴趣，将这架直升机拉到他们工厂，并进行了一些改装。他们主要结合他们制造滑翔机的经验对座椅和手脚操纵等部件进行了减重，并对这架直升机进行了地面系留升空试车。但不久“文化大革命”愈演愈烈，这个项目终于停止。

穿出雾障飞出的伞翼机

在文化大革命前的1965年，有一种开展技术研究的气氛。

60年代初，我从国外资料中看到“伞翼“的出现，我觉得我曾有过类似的设想，但没有找到适合这种设想的构造方式。伞翼的形状是由气动力形成的，但又因这种形状而获得必要的升力。气动效率虽不高但构造出奇地简单，我对之很感兴趣，写了一篇介绍这种翼面的构造和气动特性的文章在航空杂志上发表了。

但是伞翼的展弦比太小，所以气动效率“升阻比”不高。因此，当沈阳滑翔机厂的张汝英工程师来和我讨论这种翼面形式的时候，我说，为了提高这种翼面的气动效率，最好采用两副伞翼，分左右伸开，形成”蝙蝠式翼面“。他说，那不成了李林达的滑翔机了？确实，提高了气动效率，就会破坏伞翼结构上极度简单的优点。后来国外很多”悬挂式滑翔机“就是极力伸展伞翼的展弦比，有了干脆放弃伞翼形

式而回到梁肋式大展弦比机翼。

60年代中期，当时在工厂的工学院教空气动力学的汪子兴对伞翼很感兴趣，他用一条旧被单裁下布料，安装在四根航模木条做成的三角架上，成为一个翼展约一米的手掷伞翼模型。我看了他的投掷试验，伞翼滑翔的平稳使我们都很兴奋。但是伞翼尾部蒙布的拍舞，成为很触目的现象，因为这样会消耗气流能量，使阻力加大。

汪子兴组织了工学院几个教员，于1968年申请了一个探索伞翼机的课题，请我当顾问。我向他们推荐了一本详细描述这方面研究成果的国外技术报告。

我忍不住问他们："伞翼机的气动效率比较低，你们如果有课题经费，完全可以设计出一种有实际用途的常规飞机，何苦用在伞翼机上呢？"

汪子兴说："要立课题就要有一点奇形怪状，如果我们申请设计一架常规飞机就不会有人批准，到头来什么也不让干。如果研究伞翼就比较容易通过。"我听了只好默然。

在伞翼机的研制中，汪子兴首先在那张床单制成的手掷模型上安装上航模发动机，成为一架线操纵的试验模型。并邀请我去操纵试飞，感受一下这种伞翼机飞行的特点。我操纵后的感觉是与常规飞机感觉近似，但反应略为迟钝。后来课题组又与专业的航模队联系，在这架模型上装上遥控操纵，在机场跑道上作了遥控自由飞试验，也邀请我去看了。在这架伞翼机的研制中，汪子兴充分利用了他对航空模型的试验手段熟悉的特点。这是我很赞赏的一种方法，我曾多次在航空刊物上鼓吹过，我认为对于构型比较奇特的航空器的研制中，模型试验是一种很有效的拓展认识的手段，比如瑞典在研制他们第一种超音速战斗机"龙"式的双三角无尾布局时，就应用过航空模型及无动力滑翔机的手段，

以后，课题组用新铆接的机体和新的伞翼，加上从其他报废的轻型飞机上拆下来一些部件和组件，综合起来总装出一架能够载人飞行的伞翼试验机。目的在于综合验证我们是否已经掌握了这种航空器的设计特点。

首次试飞是在1969年一个大雾的早晨，能见度只有20-30米，机场因雾天而没有开放。我们趁这个空隙在机场跑道上试验。我站在跑道旁白色的雾障中，只听见远处机声沿跑道轰鸣而来，伞翼机只需要很短的滑跑距离便能升空。突然我们看到从雾中钻出来的伞翼机，已

经腾空约10米沿跑道飞来，从我们面前掠过，旋即隐入另一端雾障之中。能见度这样低的天气，只能供驾驶员能看见他下方的跑道，因此他能控制住伞翼机沿着跑道中线飞行，后来安全地降落在跑道上。

这是中国研制的伞翼机的首次腾空，证实了这种航空器确有构造简单的优点，也暴露了这种飞行方式作为一种实用的飞行工具所存在的一些缺点。

至今，伞翼只是在航空运动的“悬挂滑翔“及部分超轻型飞机上使用。我参加我国第一种伞翼试验机的研制，体会了探索前进，逐步在自己的认识中展现出对一种新奇事物的特性的认识，从中感到的乐趣。

紧贴水面的高速气垫船

60年代，国外掀起了对“气垫船”的研究。英国设计了横渡英吉利海峡的气垫船，美国研制了打算供美国陆军在越南水田地区使用的气垫运输工具。气垫船“腾空“的原理是让气流在运输器底部和地面之间形成一层”气垫“，使运输器升离地面哪怕只有几厘米，却使这种运输器具有了潜在的越野和高速性能。苏联高级领导人访问美国时看到美国的试验机，曾称其为“不用公路的汽车，是未来汽车的方向。”

1962左右，我所在的沈阳飞机厂，模线车间一位技术员在大学时代是一员航模健将，他制造了一具用航空模发动机扇风来“托举”离地的气垫模型，特别向我表演了这具模型的离地试验。工厂里大凡有人有些什么新主意，习惯找我来看，来听我提点看法，大概因为他们知道我对新奇的事物一直抱有兴趣，并且也有探究内中规律的耐心，而不是武断地用先入之见抢先否定。

从这个小模型我可以看到，发动机开动之后，气垫把模型托举起来，模型是腾空的，没有力量限止它呆在原位，实际上是满地移动。这倒是原来只根据静止的状态所没有想到的动态。

大约在1964年，工厂试飞站的工艺员佟福昌为首，组织了几个人成立了气垫器的研究小组，佟福昌邀请我作为技术顾问，协助解决研究中的技术问题。

研究小组使用了一台雅克18所使用的M-11发动机，用木制构架，外面蒙上铝合金蒙皮制出一台圆形的原理性样机，驾驶员和乘员坐在露天，背靠像是粗壮的烟囱的进气涵道。这个研究小组中许多人

都是工艺行家，他们的手很巧，造出来的东西制造质量很高。这台试验器的“起升”风扇，是用木质手工削制的。我在此前试验的旋翼机和直升机的主桨和尾桨等都是木质手削的，因此佟福昌来问我扭角的计算基准，我告诉了他。在总装过程中，佟福昌又邀请我去检查结构设计。我看后向他指出说，他们的发动机架的现有设计不能承受扭矩，应该增加斜杆。研究小组一时没有明白我指出的问题的实质，他们又查了很多资料，去找了大学的力学教师，才弄清楚他们原来的设计确实在力学上是不能承扭的，便增加了斜杆，修改了设计。

这个“试验一号”气垫器装配完毕后，在机场的滑行道上进行了试验。风扇扇出的气流使试验器“飞升”离开了地面，抬高不到一拳的很小高度，用气流向后的分流使试验器向前推进。研究小组邀请我坐在前座上感受一下动态。于是我成为在中国最早感受到这种气垫器的飞行的人物之一。这种“全浮式”气垫底部完全腾离地面，在向前高速运动时有气动舵面来控制，行驶较为平稳，但在低速或悬停时，因为四处不着地，气动力这时不起作用，试验器会自行平移窜动，需要很多人争先恐后地四面扶着才能保持位置，煞是热闹。

我向佟福昌建议说，底部应该有一个可收放的接触轮，在原地悬停及低速前进时伸出接触地面，靠地面的摩擦力来保持机体的位置及方向。在高速行驶时则收起来，让试验器完全腾空。但佟福昌认为气垫就是要腾空的，如果还有东西接触地面，概念就不完备了，没有采纳这个意见。结果当向厂的领导表演气垫器的时候，气垫器进入到高速滑行就无法煞车，没有地面摩擦力来阻止机体的继续前行，差一点撞到跑道上观看的人群。

“一号气垫”后来搬到北陵公园的湖内作过水面浮起试验。由于湖面小，气垫跑不快，因此吹起的水花飞溅，看起来这船有如从迷雾中穿出，状态甚为可观。

在“一号气垫”原理试验基本成功的基础上，研制小组又设计造出了“二号”。这是一艘已经外表像船的构造，具备了驾驶舱，还有泡沫塑料的隔音措施，并在底部安装了气垫器后来新发展所使用的“软裙”，成为一艘名副其实的“气垫船”。

二号作过陆上无道路的越野试验，也在松花江上作过高速航行。当时存在的问题，是在低速泊岸时受侧风影响，不易操纵，二是在大速度转弯时，由于船体完全离开了水面，转弯时没有克服离心力的外力，因此转弯的半径特大。对此我再次建议气垫船应设置可收放的水舵，在低速及转弯时放下伸入水中，利用水的作用力提供位置控制和克服离心力。但这个意见仍然被认为违反“气垫器就应该完全腾空”的

看法而没有被接受。

研究小组还将“二号气垫“运到渤海湾作过海上运行试验。海上浪高，高速行驶的气垫船常常触浪点水而速度猛降，其势之猛接近于汽车撞到墙上。为此我们得出结论说，如果要设计海上运行的全浮式气垫船，则必须做得充分地大，大到底部可以跨越好几个浪峰，才可以在大体平均的海面上高速行驶，否则在高速下偶然触浪时，对于结构强度和人员的安全都可能造成不可忽视的危险后果。

“二号气垫”以后还到长江上游的金沙江等急流浅滩中作过试验。佟福昌后来专门从事气垫船的研究工作。

十年以后，1975左右，我已经到上海从事我国最大的大型喷气运输机的设计，佟福昌等人又在上海青浦的淀山湖试验了全浮式气垫船，邀请我去观看。我坐在驾驶员旁边，从岸上一个斜坡起升，然后径直进入湖面，在湖面上高速航行转了一大圈。我从驾驶座通过风挡玻璃看到从岸上一直开向湖面，在浅水区水草伸出水面，纷纷迎面扑来没入船底，但因船底是离开水面的，因此水草并不妨碍船的前行。看到这种在其他船舶上很难看到的场面，有一种很奇妙的感受。

第二天，佟福昌又邀请我参加上海一家研究所研制的“侧壁式气垫船”在黄浦江上的试航。侧壁式气垫船的操纵比全浮式要自如些，但因有两个侧壁插进水中，所以它的航行速度比全浮式要慢。我设想的气垫船，在某种意义上就是“侧壁式”和“全浮式”的综合，兼有两者的优点而避开两者的缺点。在低速及转弯时需要操纵自如就将某种构件插入水中利用水动力来控制船体的运动，而在高速时则将插入水中的部件升起成为全浮式，便可以大为提高运行速度。

参与气垫船的研制过程，使我比原来只看资料有了一些更深入的认识。我认为这种特殊的运输工具适合一些特殊的用途，如在浅水区或冰封区的运输等。它虽然离地不高但阻力很小，因此可以达到一般车船难以达到的高速。但它却仍是离地了的，因此带来两点非常明显的特点，第一它的动态是“飞行式”的，不采用特殊的办法（如增加产生与地摩擦或产生水动力的部件），很难使它的动态具有一般车辆似的精确跟随地形的能力。更通俗地说，如果将气垫器开上一般的公路，它开出不远就可能翻到公路外面去，因为它没有办法精密地跟随路面运行。第二，既然它已经腾空，其动力装置和结构，都应是“航空型”的，应当非常讲究高效率和减重。因此材料和构造工艺都应是航空式的，这使得它的购置成本和使用成本都比相应的车和船为大。因此，它适用于其它运输器不能使用的特殊情况，起填补空白的作用。至于在它初出现时有人认为这种装置将普遍代替现有的车和船，

则是一种未作深入探索前过分乐观的估计。

长花和长果的两棵树

在这些非常规航空器的研制中，派来协助我工作的几个年轻学生，则对将要设计的是什么东西都没有概念。于是我的工作方法变为：我需要提出总的思路，整体的框架，直至具体的细节构造。有时我就是直接坐在他们的绘图桌前，告诉他们画什么，怎么画，甚至教他们第一笔画什么，第二笔画在哪里，经过这样的过程他们慢慢弄清了设计意图，才自如地发挥起来。

比如说，在旋翼机上的主桨毂部，为了减轻重量我没有采用滚珠轴承，而是采用摩托车的滚珠按自行车轴的结构自己设计的。因此对每个凸台的高度，零件各个部分的尺寸和间隙都是在绘图过程中我具体一步一步指定的。结果这部分工作良好。

有时年轻学生会和我产生争执。比如我对一位西工大毕业的女学生说，她设计的机构有一个环节在工作中是会卡住的。她很不服气地说，我这里装了万向接头，怎么还会卡住？我说，万向接头不万向，在这个方向正好没有调节余度。我们讨论时几乎彼此大喊大叫。我说，这是一个复杂的空间问题，你再想一想。她不服气地走开了，不久走回来对我说，你是对的，万向接头在这里不起作用。

在这些非常规的试验航空器的探索中，我的设计思维深入到了每一个重要的细节，对我的设计才干也是一种很好的锻炼。我觉得既然搞设计，就应该精通设计有关的各种构造，使用起来才会得心应手，就像做一个琴手应该把连弓顿弓跳弓都娴熟在手，有如一个拳击手使用直拳勾拳摆拳应该充分自如一样。

自60年代以来，国内很多部门进行了其它几种非常规航空器的研究，大都没有最后可供实用的产品。有志于这方面探索的热心人，常找我讨论他们的想法，征求我的意见。这样，我在这些探索中增长了知识和判断能力，在我主持设计的一些高速和大型飞机中也起了很好的作用。同时，使我对“简易”的飞行方式形成了几点看法。

1978年11月，一家航空杂志编辑部在北京组织了一次轻型航空器的座谈会，我在会上讲了我的意见。我认为，世界上各种航空器基本上形成两颗树。一颗树奇葩怒放，开放了许多各色花朵，如扑翼机呀，把机头翘起朝天的直升机呀，背在背上或顶在头上的旋翼呀，“飞行吉普”呀，花样很足，但是这颗树却结的果实很少。原因

是，这些“非常规”的飞行方式在技术上尚不成熟，其经济效益和技术的优缺点还没有完全暴露，使人对研制这类航空器的结果很难事前作出准确预计。

另一颗树则花朵很少，却果实累累，就是普通的飞机。今天在社会生活中真正能起作用的，最大的和最小的仍然是飞机。因此，我说，如果我能有机会再研制一种简易航空器，或者别人想要研制一种来征求我的意见，我将建议研制简易的飞机。我说，历史上最初出现的那些飞机，那样简陋都可以飞上天空，以今天的技术，完全可以用更小的代价造出更加精致，更加安全的载人简易飞机来。

我的这个谈话在杂志发表之后，收到了许多读者来信表示赞同。

到了80年代，世界航空界出现了一个新的动态，就是西方一些简易航空器的爱好者，试图探讨“最基本的航空器”，就是设法研制出一种用最少的技术代价能够飞行的工具来。一时形成了一股“超轻型飞机热”，世界著名的“詹氏航空年鉴”在世界航空器的大分类中特地开辟了“超轻型飞机”专栏。80年代初，我国也出现了许多种超轻型飞机，都是将近代技术使用在“定翼类”飞机上，极力使其简化的设计。

我曾经乘坐在一架“海燕”超轻型飞机上飞行。这是沈阳滑翔机厂将一架滑翔机加装发动机后的改型。一些非常规的航空器的试验常常有机会给我乘坐，如超轻型飞机呀，气垫船呀，以及我自己参加研制的旋翼机等，我都有幸乘坐或驾驶，亲身感受一下它们的空中表现，这对一名从事正规高速及大型飞机的设计师来说并不很常见。这是因为我对各种航空器都有一定兴趣，并做过一些工作，发表过一些见解被人接受的原故。

1984年中国航空学会成立“轻型飞机研究会”的成立大会上，被邀参加会议的各代表在会场上陈列各自参与研制的轻型航空器的照片。与会人士中以我参加研制的项目最多，品种最为全面。于是在成立大会后，我被该研究会推荐作为参加美国轻小型飞机研究协会（EAA）的唯一中国代表。

我认为，超轻型飞机在较正常的天气下，飞机经常在良好的照料下，是能够载人飞行的一种简易飞行方式。在某些方面，颇类似于陆地上的滑板或水上的冲浪板或帆板。在特别照料的条件下，能载人在地面或水面运动。但是它们都没有足够的“鲁棒性”来对付千变万化的多样使用条件，不能作为一种正式的陆上或水上的运输工具。

有人说超轻型飞机只用很小的代价就能使人升空，而使人升空了

就可以执行许许多多的飞行任务，由此推论超轻型飞机是一种大有发展前途的机种。这甚至是航空管理关键部门正式向国家高层提出的一种意见。

我不同意这种说法。我认为使一个人升空是一回事，而升空又要执行空中各种任务又是另一回事，是另一个台阶。用超轻型飞机跨越第一台阶飞起来是可以的，但用它跨第二个台阶却不行。我认为把我国航空事业的发展希望寄托在超轻型飞机上是一种概念误解。我当时的看法似乎很孤立，几年后许多人都同意了我的这个意见

十、 闯过屏障

在我负责将“歼7”的技术情况向另一兄弟工厂的设计部门转交之后，我接到了改型设计“歼教6”的任务。

当时工厂已经源源不断生产出“歼6”飞机装备部队，成为我国的空军和海军航空兵的主力机种。这是一种双发、单座、在打开加力燃烧室后可以短时间超音速的歼击机。但是这样的高性能飞机没有一种教练机。大批进入现役的飞行员，只能在其他的性能较低的飞机上学习飞行之后，经过一些地面的、书面及口头的知识传授，然后直接驾驶飞机飞到空中去单独体验超音速飞行的特点。

为此，提出了为歼6进行改型设计为一种教练机的任务。工厂决定由我来担任这次设计任务的主管设计师。

这时我的女朋友出差沈阳后回到北京，我们开始了两地的书信联系。不久我收到她的来信，告诉我说她的肺部受到感染，经医生诊断需要对我说切除部分肺叶，因此，她不能再继续和我的关系了。

这个消息使我震惊。我感到，她的健康已经蒙受很大的损害，在这样重大的关头，决不能让她再承受精神上的伤害。我应该义无反顾地帮助她战胜病魔。于是我第一次为了个人问题请了假，在她手术前赶到北京的医院，为她勇敢地迎接手术鼓劲打气。我一直陪护她到手术成功、康复情况稳定才回到沈阳。

亚兮手术后健康恢复得很好。经过半年调养后回到了工作岗位。三年后我们结婚。我这时36岁，被认为是“超级晚婚”典范了。不久我们的大女儿出生。一直和亚兮分居北京沈阳两地，女儿不得不长期在我湖南的父母家中及福州亚兮父母家中代养。直至女儿5岁后我和亚兮一同调到上海工作，女儿才回到我们身边。

“一揽子计划”

将“歼6”改型为“歼教6”，并不是在原型机上简单地设置第二座舱。因为“歼教6”的推力并不富裕，仅在打开加力燃烧室后才能略为超过音速飞行。因此在改型中必须很小心地控制阻力的增长。如果改型后的“歼教6”不能再飞到超音速，那么改型的意义将要大为降低。

因此，改型中控制阻力的问题显得特别严峻。

并且，歼6原型机在大速度下的方向安定性已经有明显的下降，改型后的飞机必须保证方向安定性仍然保持在可接受范围。

此外，歼6原型的机身内部的空间已经使用得非常充分。比如在原驾驶舱的后方，就是飞机的主油箱位置。而这正是需要安置第二座舱的部位。设置第二座舱后，主油箱的容积将受到很多侵害，飞机的飞行时间便会减少很多。因此需要在飞机上其他部位寻找设置辅助油箱的空间，并重新调整供油系统。

我按照徐舜寿领导我们设计前几架飞机的传统，派出几名设计人员到部队去了解从使用角度对设计的需要。可是没有从事过设计工作的工厂人员，对此很不理解。经过我力争，终于还是派出了人员。当我将了解来的意见向工厂一位技术负责人汇报时，这位负责人习惯于按国外图纸生产，而自己不作任何技术上决定的状态。他简单地认为：叫我们设计，我们便坐下来画图，然后按照我们画出的图纸造出来，你要不要都是它，有什么可以了解意见的？他听说使用方提出了这样那样的要求，竟然拂然不悦地说："他们有意见？他们有意见他们自己去改型，找我们干什么？"实际上他很不愿意工厂承担改型设计的任务，因为不负技术责任地按国外图纸进行简单再生产，是最省力的事。

在"歼6"原型机的"优质过关"（即"重新试制"）中我曾负责其总体、气动、强度和试飞的主管设计师，根据我对这种飞机原有状态的了解，结合从部队了解到的使用情况，我拟出了一个包括7个方面的改型设计"一揽子计划"。我觉得，综合性思维方式在此刻对我的工作起了极为有用的启发作用。

我从原来的各个专业组中抽调了几名人员成立方案组，对这7个方面的修改进行总体协调。我们对改型后的飞机外形进行了超音速风洞试验，并对飞机的动力特性进行了缩比模型的空中投放自由飞行的反尾旋动力试验，证明飞机的外形符合设计要求。

我从部队反映的意见中，看到他们对一种已有的教练机的舱盖锁闭系统很不满意。为此我特地对几种飞机的舱盖系统作了调查研究，按照徐舜寿所提倡的"熟读唐诗三百首"（即"综合设计"）的方法，设法对"歼教6"的舱盖系统设计用"博采众长"的办法，作出能满足部队使用要求的设计。

这一天我在技术大楼的走廊里走过，偶然听到设计部门的几个舱

盖设计组的技术人员在发牢骚，为舱盖设计应是他们专业组的事，怎么先要由方案组提出设计方案？我听到这种议论之后，便召集舱盖设计组的人员和方案组有关的人员一起，围着图板坐一圈开了一个讨论会。

我说：“你们都抢着要对舱盖设计提出方案。谁有什么方案，提出来一起谈一谈吧。”

不料他们全都沉默。原来他们只是习惯于叫我设计我就开始画图，至于还要什么方案，他们想都没有想过。

我等了很久，见坐在会场里的人们总也没有反应，只好说：“现在已有飞机上的舱盖系统，是在应急抛盖时用火药引爆开锁的，这是它的优点，紧急时反应迅速。但是部队对它不满，是在平时地面操作时舱盖很容易掉下来。另外我告诉你们还有一种设计，在地面绝对不会掉下来，但是在空中应急抛盖时是用手拔动一个手柄来操作的，反应不够迅速。现在我们要设计的系统，是要兼有两者的优点，同时避免他们各自的缺点。在应急时应是火药引爆，而平时锁闭要很牢靠。要做到这一点，我们来看舱盖系统的组成…………”

我说着拿过一张白纸，用铅笔一边画一面解释说，这个系统一共有5个环节，每一个环节应该如此这般，才能使整个系统达到总体效能。我把整个系统讲了一遍，然后问：

“你们有什么意见？”

他们是头一次听这样讲解一个系统和阐述设计意图，谁也没有再说什么。我说：“如果没有意见，那就按这5个环节的分工，谁负责哪一个环节的就画哪一部分的图，在制图期间，加强各部分的协调。现在散会。”

大家都站起来。一位技术人员对我欣然地说：“这样一来，这个系统已经设计好了！”

他的意思是说，剩下的只是一些绘图等具体的事项需要在下一步做，但作为“设计”本身，最重要的构思已经通过这次会议完成了。

我也很欣然地感到，他们现在总算有些明白，设计并不是简单地画工程图，更重要的是形成设计思路，并把这个思想化成每个部分的具体要求。

以后“歼教6”的舱盖系统就是这样设计的，性能一直良好，没有

发生过其它飞机有过的在地面舱盖掉下来的事情。

工程设计中的创造性思维

“你怎么啦？”人们在办公室的楼梯上见我举着一件东西放在眼前正在上楼，不禁奇怪地问。

飞机在进场着陆时，歼教6飞机坐在后座的教员正前方的视线被前座学员座椅的头靠挡住了，看不见跑道。而为了降低飞机在高速时的波阻，后座的座椅高度不能再作提高。为此我建议在后座安装一个潜望镜提高后座的视点，叫人从坦克工厂调来一具坦克用的潜望镜。为了体验通过潜望镜观察的感受，我举着它在办公室内到处走动，上楼下楼，还骑自行车举着潜望镜在各种道路上行驶。

经过来来回回的试验，我觉得潜望镜提高视点的作用是明显的，通过它对人的行动没有带来什么不便。便决定在歼教6的后座试装，看试飞员的实际飞行操作的反应。

我在工作中感受到，缺少工程设计经验的人员，在具体设计中只会从已有的产品中参考处理办法，碰到难题不知道如何应用原理去解决实际问题。

比如有一次一根承力很小的杆件的通行道路上出现一个小凸块妨碍它直线通过，设计人员设计了很复杂的摇臂系统才将力传过去。我对他说：“你用一根弯杆不就传过去了？”他按此更改了设计，机构大为简洁而功能仍旧保持良好。又有一次一根连接油箱的油管的通路受到障碍，我说：“你用一根弯管就通过去了。”那位设计员很不理解地说：“油面水平是必须严格保持的，管子弯了还有这个功能吗？”我说，当然有，这就是初中物理中的“连通管”原理。但是我用原理来解决技术问题还是使很多人半信半疑，因为别的飞机上没有看到过。最后做了弯管的试验件，跑到几千公里之外的一个试验台上去，将飞机的燃油系统作全尺寸的系统试验。试验结果证实了我们在设计中的一系列设想具有正确的功能。

前去做这个试验的技术员回来后兴高采烈地告诉我说：“这次试验最成功的地方，是弯管的性能完全符合要求！从试验台的观察窗可以看到，要它通它就通，要它断的时候它就断！”我听了一笑，祝贺他试验成功，内心却在想，这是当然的事，初中物理就讲清楚了的呀！

我离开这个单位几十年后，遇到当时在一起工作的同事，他们对我说，他们印象最深的是我解决设计难题的能力，当别人想不出办法来的时候，好像我的“点子”还是能起作用。

我想，要做一个好设计师，善于总体规划是很重要的，另一方面确实需要具有解决具体问题的能力。如果只是口气很大常作宏观思维，但办成实际的事很少，便流入了虚夸。更需要同时具有解决具体问题的本领。这有点像一个好的音乐指挥，如果仅仅看到他在演出时手势漂亮气势宏伟，便以为音乐指挥挥动手势是他的本领的全部，那就错了，那只是表现艰苦排练结果的表象，要做到表面动作漂亮是比较容易的，甚至弱智儿童也能依靠模仿来学会。要知道他驾驭音乐的真正功夫，应该看他与乐队的排练。那时就可以看到他如何对各个声部进行具体的指导，来达到他对音乐的总体要求。同样对一个飞机设计师来说，善于妥善处理日常随时冒出的技术难题，正是显示技术功力的关键。

有些工程人员在解决实际问题时缺乏办法，这与他们在所受的工程教育中对创造性思维的忽视有关。作为科学之根的科学哲学，并不在当时高等教育的基础内容之内。因此，他们对科学往往只知其然不知其所以然。作为科技发展精髓的“创新意识”，在他们的心目中并没有地位。

早在1952年，哈耶克（F.A.HAYEK）就曾写过一本《科学的反革命——理性滥用之研究》的书。他并不是从政治意义上使用“反革命”这个词。他认为，什么是革命？革命就是创新。而反对创新、压制创新的思潮，不论如何用“科学”的面貌装扮，不过是借科学之名反对进步而已。

很多反对创新的人开口闭口强调“科学性”，而他们缺乏的正是科学的预见能力。因此他们夸大创新中包含的风险，不相信任何未经亲自经历过的事件。他们永远强调“稳扎稳打”，作为处理一切事物的唯一哲学原则。

有感于此，“文化大革命”刚过去，1977年的春节假期内，我为航空刊物写了一篇“工程设计中的创造性思维”的文章。

有意思的是，当时刊物的主编看了，觉得在过去谈论人的各种思维活动中，似乎并没有“创造性”这一条。为慎重起见，主编特地把这篇稿件送到中国科学院的自然辩证法权威去审稿。不料这位院士阅稿后发表评论说：“文中没有错误，只有还没有讲够的地方。”此稿才得以发表。又过了20多年，一位编辑告诉我说，他查阅了有关文献，发

现在后半个世纪中，我国首次谈论“创造性思维”的文章就是这篇。后来，我又写出了一本《发明与革新》专著，并为《创造性设计》一书撰写“创造性思维”一章。

“三大愿望”

“歼教6”的设计开始时，“文化大革命”已经开始。不久便愈演愈烈，各派对立，武斗升级，各种“斗争会”不绝。沈阳飞机工厂的厂长陆纲，有着传奇般的经历、又有高瞻远瞩的发展眼光，是极具管理才能的一位出色的厂长，在此期间被斗至死。

我在1966年36岁时结婚。我的妻子贺亚兮仍在我原来工作过的北京航空工业设计院工作，结婚以后，我们两地分居。我住在沈阳飞机工厂的集体宿舍，六个人一个房间各占一张床。我的日常行为言谈，一举一动，都在众目睽睽光天化日之下，应该说是很透明的，完全没有不可见人的东西。运动对我的冲击，不外乎没事找事从鸡蛋里找骨头。

“文化大革命”首先是从批判文艺界开始的，所谓“打倒文艺黑线”。批判者问我：“你有没有读过《燕山夜活》？”真是万幸，我偏偏没有读过。但是工厂的所有技术干部每天被集中在办公楼下为防空建设的地下室，进行“学习”、反省，和批判。

当时本单位的人彼此都注意保持距离，成天相处但都像彼此不认识一样。倒是有些外厂的工人，有时还到我住的集体宿舍中来看我。各厂的运动进程不一样，我们厂的批判管不着他们。我这时正在利用业余时间总结工程哲学方面的一些考虑，有的工人回去后互相传话说：“这个人真了不起，这种时候还在写论文。”

工厂在“打倒一切权威”的口号下，这时完全靠“发动群众”，排除工厂原有的设计技术领导对歼6飞机进行了三个声势浩大的“改型”。有的作为全国性的大项目，有的作为“技术革命”的成果向北京最高层汇报。（有一条“最高指示”指出：“技术革命”应是指用煤的能量代替人力畜力或用原子能代替化学能等重大的技术进步，不要随便用在效果不这样显著的技术上，这条“指示”就是针对“歼6”一种改型的上报汇报的批示。）这些项目都把我排斥在外。

我住在设计人员的集体宿舍，从旁耳闻了一些情况，觉得这些改型中有的存在严重的安全隐患，有的则违反基本动力学原理。为此不顾自己身处被批判的地位，向“革命群众”说，我认为这样的改型有很

严重的危害性，应该提出来，请你们注意。但被当时的革命群众“教育”说：你现在的任务是考虑你自己的问题，技术上的事不需要你管，自然会有人负责。于是这些工程仍旧轰轰烈烈地开展，直至其中两项出现严重飞行事故，一项进行中发现问题大为超过原来的预计而全都停止了。

平时和同事们私下聊天时，我曾谈过我的三项业余创作，一是写过一本关于航空技术的书。但是写得不成功，我还要考虑如何找到更好的切入点。另一个我写过知识青年参加祖国建设的“小说”，也不成功。我认为航空技术是理性的，逻辑思维的，而文艺创作是关于社会变革和人际交往的，涉及的是感性情愫方面，是人的大脑活动的另一个区域，我还需要继续体验。第三我已经采用中国各地民歌素材发展成为几首展示小提琴技巧的音乐作品，我打算继续这种创作，凑满十首。

在政治运动中，当需要打击一个人的时候，一切对他不利的事情或言论，甚至莫须有的猜测或虚构都是打击他的武器，都被鼓励拿出来轰击目标。我和别人谈过我的业余计划的事被人写成大字报，公布于全厂，大字报中说：“丁玲只有‘一本书主义’，而他却有三大愿望，请看他是何等的反动透顶！”

这张大字报不但在工厂内闹得尽人皆知，而且传到了航空工业其他部门。但是由此而得到的效果却与批判者的原意截然相反，竟成为我的某种“牌照标签”，使我的“声誉”远行千里。以后过了几十年，当我到各地去出差时，远方有些初见的同行常会笑谈这件事，说：“早听说过你了，你有三大愿望。”我能感觉到，当他们这样说的时候，并不是嘲笑我的无知狂妄，或者指责我的意识腐朽，而是表现出他们自己对多方面探索能力的一种欣赏。

这三个“愿望”在传说中又有很多变体，变成是说我追寻的目标。比如有一种说法是：我的愿望是设计一架飞机、编写一部电影、创作一首交响乐。其实在被贴大字报的当时，我已经负责了不只一架飞机的总体设计，我也有了一部由八一制片厂摄制的电影，也演出过我创作的合唱交响诗，干嘛还去“愿望”？我当时私下谈的是我正在进行的创作活动，并不是什么“人生愿望”。所以每遇别人谈起这件事，我便辩解说：“那是造反派在大字报中强加给我的，我没有那样说过，不是我的原话。”

当时公布我“三大愿望”的大字报作者，后来在四川一所大学担任教授。他到我工作地上海来时，还特地来看过我。旧人相见愉快，真是“一笑泯恩仇”。

不寻常的研制过程

当时在激烈的政治形势之下，“歼教6”的研制任务很难正常进行下去。

“歼教6”还缺一些钣金和钳焊零件，也缺一些结构和系统的图纸。1968年冬，工厂利用厂门旁的几排空闲的平房，辟出几间来成立“歼教6试制工段”，由设计科的刘立德负责。设计科有8名不同设计专业的设计人员参加，还有工艺科的朱炳良。我也一起参加试制劳动。另外从车间请来8位技术高明的老工人。这一支由十几个人组成的技术和生产综合的研制队伍，在几间没有暖气，勉强可以放下几张工作台的小屋里，像藕断后仍旧连着一根细丝一样，坚持着“歼教6”的研制。

技术人员在需要时就伏在桌上画图纸，完成了设计任务后就在老工人的指导下挥起榔头敲制零件。由于是试制，有的钣金件没有制造所需要的模具，就根据图纸用塑料块先制出简易模具，再制出零件。刘立德负责着上上下下、里里外外复杂的联系。当时工厂正常的生产秩序已被打乱，管理渠道混乱，再加上不时受到“文化大革命”大运动中的小运动的冲击，在这种情况下，维持着“歼教6”的试制运转，并且不断前进，真是不容易。

我在车间曾经当过一年半的钣金工，使用榔头剪刀有一定的基础，老工人们看到我干活还像个样子，相处便很是融洽，我也很喜欢他们的纯朴真诚，彼此结成了朋友，建立起了长久的友谊。

零件齐备之后，开始组合件的铆接。我们在工厂暂时不用的一座远处的厂房里铆接“歼教6”的各种专用组合件。我在合金钢零件上钻孔以及打铆枪的技能，就是在这里锻炼的。寂寞的厂房空旷而凄凉，只有我们的铆枪在零零碎碎地震响，“歼教6”在一声声铆枪声中前进。

部件装配则在装配车间进行。我们和车间工人们一起爬在型架上亲自参加铆接。车间里有经验的老工人给我们极大的帮助。技术人员当时的政治身份几乎相当于被监督劳动的犯人，但是这些老工人和一些年轻工人默默陪同我们一齐干，有时递过来一句轻声的关怀，有时投过来一丝表示同情和理解的目光，都使我终生难忘。

记得一次工厂组织向全厂有关技术部门对“歼教6”研制的总体情况作介绍，我正在车间里进行着具体试制操作，接到通知叫我到会议

室去参加会议。我去时介绍已经开始。参加“歼教6”工作的一位“资深”技术人员正在黑板前对一屋子的人讲解着，参加者是当时工厂有关部门的主要技术负责人员。我便坐在进门处远远地听。讲解者在这项设计只是负责一个局部，他便谈着这个局部的设计，他知道这样的介绍不能满足听讲者们所需要的信息，所以他一面支支吾吾地讲着，一面紧张地思考下面如何讲下去。讲着讲着他偶一抬头，看到我坐在门边后排，连忙如释重负般说：“好了好了，来了来了，请他来讲……”

我于是走上讲台。这是“文化大革命”开始以后我第一次登上技术讲台，事先没有来得及准备。就凭我自己对这架飞机的理解，先讲了这架飞机在飞机速度增长中的宏观地位，这是我国设计的第一架超音速飞机。超音速飞机在新的速度领域中将碰到一些什么样的问题，针对这些问题我们做过了哪些试验，采取了哪些对策。它在结构上有哪些特点，现在研制工作进行到了什么程度，下面需要安排进行的是一些什么样的工作。进行这些工作的注意事项是哪一些。

我讲完后听众没有提什么问题，便散会了。会后在工厂技术人员中传说：“某某某出山了！”我听后很奇怪，不过是一次技术交流中临时被叫去救急罢了，并没有任何意味深长的含义。但是却流传起这种反映来，也许是因为人们对当时技术人员的处境普遍感到某种不平，对发生某种变化有着期待，才会出现这种“见风就是雨”的猜测吧。

作为我们工作的基地的那几排小平房，是“歼教6”诞生的产房，也是我们在动荡的风浪中渡向未知前方的小舟。这是一段政治上极其压抑，工作条件极其艰苦，而技术工作又极富成果的日子。我相信参加这一工作的，人人都会留下难忘的记忆。我离开沈阳后17年后再次回到那里，见到已担任公司副总经理的朱炳良，以及负责全厂质量工作的刘立德，他们告诉我这排平房不久将要拆除，很多当时参加“歼教6试制工段”的人员曾到那里再度流连。听了他们的话，使我在乘车驶过那一地区时，禁不住转头再次端详，留下最后一眼印象。

“歼教6”试制了两架，其中一架进行了全机静力试验，于工厂的静力试验室进行，试验前我们再三察看结构，唯恐有所疏忽，结果顺利通过了强度考验。

第二架进行了系统安装，准备用于试飞。至此，我们在“歼教6试制工段”已经奋斗了两年多了。

腾飞的苦酒

1970年10月6日下午，阳光灿烂，“歼教6”由工厂试飞站的试飞员进行了首次试飞。这时处在“文化大革命”的十年动荡中，没有任何表示，只有我们“歼教6”小组的几个人在场。

在纬度高的东北，到了晚餐的时候，天还是明亮如初，阳光照射。我到食堂时就餐的人员很少。我破例在食堂的窗口用饭盒盖买了三两白酒，独自坐在一角自酌自饮起来。

毕竟这是我几年前就投入了精力的一项设计，又亲自参加了它的后期试制，在这群技术人员和工人的联合努力之下，经过全厂各个部门为“歼教6”作过贡献的广大人员的集体劳动，终于结出了成果，飞机顺利地升上了天空。这是值得高兴的。在当时的形势下，再大的业务事件也是小事，政治运动压倒一切。因此新飞机的试飞没有任何张扬，没有任何人表示庆贺，我自己来饮酒吧。这呛鼻的烈酒里饱含的苦涩和抑制着的欢欣，真是难以说清。

饭后我从食堂出来，骑上自行车返回宿舍。朱炳良同时走出食堂，骑着自行车一直跟在我身边。我发觉后奇怪地问他：“你今天干嘛总跟着我？”

他支吾着说：“你喝了那么多……”

原来今天同志们的心情是共同的，朱炳良在食堂里远远地注意到我独自在饮闷酒，担心我酒后骑车会出事，特意无声地护送。在政治上极度苦闷的岁月中，同伴之间一点沉默的关怀，特别令人感动。

在试飞中，试飞员对后座安装潜望镜的反映是：后座的视点提高了，但感觉上有些不习惯。这确实是个习惯问题，国外有的教练机就是这样解决后座视线难题的。但是国内的飞行员说不习惯，那么我们就取消这个装置吧。

经过几次试飞之后，“歼教6”逐渐加大速度，来到了音速的门口，下一次试飞，我们将叫它突破音障，进入超音速区了。

在设计阶段的风洞试验中，我注意到原型机在进入超音速区后，方向安定性有明显的降低，而“歼教6”在超音速区的这种降低更多。这使得飞机防“落叶飘”的“卡帕”值处于临界状态，仍然在安全的边界线内。但是如果考虑到风洞试验存在一定的误差，那么飞机有是否会在超音速时出现“落叶飘”式的左右摇晃，是一种尚不明朗的情况。如果出现，这并不是一种危险的动作，因为飞机在高空，只要减速就可以退出摇晃。但是作为一种超音速教练机，这种摇晃应该在设计上撤

底排除掉。

因此我在总体设计中决定，根据风洞试验的结果，可以认为飞机的方向安定性和横侧安定性的导数不需要事先做出改动，以避免不必要的改变外形设计，而可以根据实际试飞结果再作最后裁定。但是如果在试飞中出现“落叶飘”的情况，则需要事前准备好应对的措施。我为歼教6提高“防落叶飘”性能设想了7种预备方案，这些方案都可以只经过外场改装就在飞机上实现。经过高速风洞试验，证明这些措施都可以改善飞机的“卡帕”值，在试飞后根据需要再从中选定合适的一种。

对歼教6作超音速试飞的是工厂的试飞员吴克明。他曾是新中国生产的第一种苏式喷气式飞机“歼5”的首任试飞员，他完成试飞任务后坐在飞机座舱的照片当时曾在《人民日报》及《人民画报》等多种刊物上广泛刊登，成为一幅著名的文献照片。以后他又长期担任了“歼6”及“歼7”的试飞员。我在处理试飞技术问题时常与他打交道，并邀请他为工厂的技术人员作过试飞问题的技术报告，和他很熟悉。在他对“歼教6”作超音速试飞前，我对他解释了飞机在超音速后可能出现“落叶飘”摆动的情况，如果出现这种情况只要减速便可以退出，使他心里有数。

吴克明登机起飞了。在高空，他打开飞机的加力燃烧室突破了音障。很快，我们在指挥车的无线电中听到他报告飞机出现摆动。他减速后安全返回。

这时我们知道飞机确实需要调整“卡帕”值了。幸好我们“口袋里”事先就已经准备了可行的方案。首先我们在翼尖安装了两小块增加“机翼下反效应”的小梢翼。经过试飞，果然在超音速下落叶飘的现象消失了。但试飞员吴克明反映，飞机起飞时机头有“粘地”的感觉。就是说，起飞时要比正常更多加一点抬头的操纵才能使机头抬起。我理解这是由于机翼有后掠角的缘故，梢翼在后部增加的升力使机头有下沉的影响。如果对一架完全新设计的飞机，这并不是了不起的缺点。但是既然是教练机，它的起飞动作还是应该尽可能地与原型机一致，才会更好地达到教练效果。

所以我们在外场撤除了稍翼，而采用在机身后段增加双复鳍的办法。经过试飞，在大速度下的落叶飘现象得以消除，而在其它速度下也没有副作用。“歼教6”就此胜利地闯过了音障，飞进了超音速区。

“歼教6”就此进入了其他项目的试飞。1971年10月，我被调离沈阳飞机工厂，转赴上海参加我国首次自行设计大型喷气运输机“运

10”的工作。“歼教6”在刘立德和沈阳工厂的其他人员的工作下继续改型，在飞机上改装了新式的火箭弹射座椅，并由试飞院的试飞英雄王昂作了试飞鉴定。（文化大革命后，王昂调任航空工业部担任负责飞机技术的副部长。）

以后“歼教6”生产了600多架，作为我国第一种超音速教练机，培养了成千名歼击机驾驶员，并出口到很多国家。

“文化大革命”过去以后，为了表彰广大技术人员和工人在“歼教6”的设计和改型中付出的艰辛劳动，以及该机对我国空军建设所起的积极作用，于1987年追授国家科技进步奖。

这时我已经离开沈阳16年。沈阳工厂的同志不忘过去共同的劳动，竟把我列为该型号获奖“主要完成人”名单中的第一名。为此我很感动，并更加引起我对在沈阳共同工作的同志们的怀念。

我离开该厂30年后，21世纪刚刚来临，沈阳飞机工厂庆祝建厂50周年，我被邀请作为贵宾出席庆祝盛典。到了那里，才发现我竟是设计界的唯一代表。在主席台就坐以后，我看到在主席台前排坐着一位老同志，是50年前代表航空工业欢迎我们这批青年学生的段子俊同志，半个世纪前那次见面会还是我担任主持呢。他这时已经80多岁，但身体健旺，据说还时常打网球。我连忙上前去问候。我自己也是满头白发，怕他认不出我来，便自报姓名。不料他转身见是我，起身对着我当胸就是一拳，大声说：“在你们这一辈中，你是个佼佼者呀！”我想大概因为他接待欢迎过的全班同学中，我是唯一走上飞机设计岗位的吧？

我坐在主席台上，眼前台下飞机工厂上万名职工按方阵坐着，他们一贯训练有素，纪律严明。现在正值厂庆大典，个个精神贯注，神态肃穆，使人不由得对这一支过硬的极富战斗力的队伍涌出一股崇敬之情。一忽儿机群呼啸着从会场上空成群飞过，声浪冲击得震天动地，气势恢宏。这些都是这个工厂的产品，是在场这群满脸喜庆的人们的心血结晶！

工厂的代表在大会发言中回顾工厂发展历史，历数该厂曾制造过的各种飞机的型号，其中不少型号，如歼教1、歼6的“优质过关”到歼7，还有歼教6的研制，我都参加了。我把最美好的年华献给了这些重要的战役，为此而感到欣慰。

十一、昆仑长江上空的大鹏

雁南飞

“大白楼来电话，叫你去一下。”接电话的从里间出来，对我说。这句话，改变了我以后30多年的生活道路。

那是1971年9月一个阳光明媚的上午，在小平房里的“歼教6”工段里，我穿着工作服正在工作台前进行着日常生产劳动。大白楼是这座工厂的厂部办公室，是上层建筑所在地。这天通知叫我去，我一路想：会是什么事呢？

在二楼一间办公室，一位女干部向我谈话，说：“现在国家决定在上海开始研制一种民用飞机。决定把你调到那里去工作。以后，你就在民用飞机这条线上去发展了。工作等着要开展，你尽快去报到。”

上海到沈阳工厂来调人的事，前一阵已经在工厂里传得沸沸扬扬了。建国以来上海曾支援全国各地建设，各航空工厂都有不少从上海派出的人员。还有原籍上海从大学毕业的知识分子在各地的航空部门工作。因此有了到上海工作的机会，各单位申请回上海的人员排起了长队。但我与上海并无渊源。我的原籍不是上海，也不是从上海学校毕业。我并没有参加这支请调的队伍。

后来才听说，是上海组建设计队伍方面，知道我在飞机设计中的经历，点名要我去参加工作的。听到对我以后工作的这样安排，我既没有陌生感也没有欣喜，只是即将投身于新战场的兴奋浸润了我的全身。

在飞机出现的后半个世纪，大型喷气运输机成为世界航空技术发展的前沿。航空运输带动着经济发展出现了“腾飞”现象，有了“地球村”的提法，并促进了20世纪末“世界经济一体化”的出现。大型喷气飞机的发展在一个国家的政治、经济、军事、科技、工业以及社会就业等多个方面形成了举足轻重的地位。

现在的人可能认为大型飞机对国防和经济建设的重要性是显而易见的，不大理解当时大型运输机的研制提上日程对中国航空产业为什

么是一个重大的转折。我国的航空工业在建立初期偏重于军用飞机，重点放在歼击机上。由于计划经济造成的思维惯性，产业发展方针有人制定，但没有人根据情况的发展而“与时俱进”地进行修订。因此“解放牌汽车”便一生产便是几十年；在航空界，当“歼6”优质生产过关以后，也有人提出“歼6万岁”的口号，意思是说可以生产一万年。

60年代，周恩来总理出访欧洲。中国在与世界多年隔绝之后，第一次看到外面世界空运的发达。当时，我国尚没有喷气客机，周总理是乘坐租赁的外国航空公司飞机出访的。外国报纸报道此行时说“中国尚未进入喷气时代“、“中国是一只没有翅膀的鹰”。周总理针锋相对地允诺说：将来中国有了自己的大型喷气客机，一定邀请各国记者乘坐环游地球。

大型飞机的研制任务于1970年8月由国家下达文件。按照当时国家重大工程的编号办法，这项工程曾被称为“708工程”，指国家文件下达的时间是70年8月份，以后该机被命名为“运10”。

“运10”研制的地点，定在上海，理由是可以得到上海较发达的科研与工业力量的支持。但是上海的航空工业基础却是薄弱的。从历史上追溯，只是在30年代初，上海的江南造船厂曾制造过双翼的水上飞机。新中国成立之后，由于上海是沿海城市，不是发展航空工业的重点地区，因此只有飞机修理工业。

为了”运10”的研制，从全国各调集了航空技术人员组建队伍。人员来自大约40个不同的单位，300名从各飞机设计所、飞机工厂、航天部门的技术人员以及航空学院的教师齐集上海。

我赶紧收拾行装。我书籍书籍很多，装了好几大木箱。沈阳工厂派了一辆卡车将我和这些木箱送火车站，当天，在“歼教6小组”一同工作的朱炳良送我到车站，帮着我抬箱子，这份情意我永志不忘。

我的妻子贺亚兮这时还在北京设计院工作，5岁的女儿和她在一起，我刚出生的儿子此刻在湖南我的父母家中，以后贺亚兮也调来上海和我到同一单位，我从湖南接来我一岁的儿子，多年分居的家庭在上海相聚。我这时41岁，第一次有了正常的家庭生活。

大鹏的产房

我幼年时在武汉看到从头顶低空飞过的旅客机，是飞机在我心目中最初的“天使”形象。当时我多么急切地想要去接近、去触摸！而现

在，我就要投入这类飞机的研制了！

航空发展史上，第一架飞机的发明者莱特兄弟对飞机功能最先想到的就是能投入民用运输。但他们接到的第一份订货单却是一架军用飞机——美国军方订货的一架教练机。不久发生了第一次世界大战，还在襁褓中的飞机，以它还不完善的技术状态就被推入到战场。

第一次世界大战刚结束，飞机马上转入民用，形成世界空运事业发展的第一个浪潮。在航空百年发展史中，飞机技术交替地从军事冲突和民用发展中获得进步。二次世界大战固然使飞机技术的提高到了一个新阶段，二战以后的民用航空技术的高潮，成为整个20世纪人类社会发展中一个鲜明特征。

我投入航空建设的前20年，主要围绕军用飞机。从第21年参加”运10”飞机设计开始转到了民用飞机的轨道，继续工作近30年。人类的航空技术本来就交融着军用和民用航空两方面的积累，我个人参加这两类飞机的设计的经历，也起了相互支撑的作用。

“运10”工程刚开始时期，工作条件十分艰苦。设计场所不够，设计人员就在工厂的食堂里绘图。快开饭时把图纸收起来，许多大型技术讨论会就在食堂中举行。有的设计组甚至在装运战斗机的空包装箱内工作。人们往往工作到深夜。上海的夏天酷热难当，可以想象条件的艰苦。机场入夜，蚊虫成群，设计员们不得不用报纸包裹起肘部及腿部继续绘图作业。以后，设计所搬到龙华机场已经不用的候机楼“借用”，这一借用就借了20年。

我的一家四口，先住在一所卫生学校的宿舍中，后来搬入专门为工程人员建起的一栋宿舍楼，我家住在一间11平方米的小房间里，由于隔壁就是水房，一边的墙上渗漏的水渍斑斑，5岁的女儿得了关节炎。我的岳父母不久因病来上海，岳母的双腿截肢，一家三代6口挤在这间小屋里，做饭便用煤油炉在室内操作。我晚上则经常伏在木箱上编计算机程序。一次三岁的儿子一屁股坐在滚烫的煤油炉上。晚上打开行军床后就不能转身。在这种条件下，大家仍然一心扑在工作上。

我到上海参加此项工程时，初期担任“总体设计组”副组长。当时在“文化大革命”期中，总体设计组的“组长”是一名技校毕业的四级工人。他从不参加技术上的讨论与决定，也不从事任何设计工作，没有对“运10”工程做出任何贡献。到工程的后期，我担任了副总设计师，分工总体设计、气动力分析、计算机和试飞工作。

要当中国航空产品的家

在“运10”开始研制时，世界喷气航空技术已经开始了约15年。我们要为中国的喷气运输机选择合适的式样。世界的成就都在我们的视野之内。

比如对发动机位置的安装，世界已经出现了三种方式。苏联的“图-104”采用的是翼根式、欧洲英国的“三叉戟”采用的是尾吊式，美国“波音707”采用的是翼吊式。这三种方式都在我们设计的考虑的范围之内。

首先对苏式的翼根布局，我们从技术上分析后否决了这种不合理的布局。而对尾吊式和翼吊式，我们对两种都制作了一比一全尺寸样机来比较优劣，对两种都作了风洞试验作对比，从中选择适合”运10”任务的翼吊布局。后半个世纪全球航空发展的实践，我们为”运10”选择的布局成为了世界喷气运输的主流布局。以后欧洲和苏联的飞机也都采用了这种布局。到了新的21世纪，最新出台的大型喷气运输机也仍然采用这种布局。

又比如飞机的翼型，我们把能获得的苏联翼型、欧洲翼型、和美国翼型都制造了风洞试验模型，放到风洞中去试验，最后根据试验数据为”运10”选择了最合适的翼型。

在”运10”设计中遵循的，实际上是爱国工程技术人员的先驱詹天佑、茅以升所走过的道路。他们用世界的铁路技术在中国险峻的八达岭上修起京张铁路，用世界的桥梁技术在海潮汹涌的钱塘江上建起大桥。这也是我国飞机设计的创建者徐舜寿所一贯提倡的“熟读唐诗三百首，不唯外国机型论”的设计方法，即“博采众长，为我所用。”

但是，这种研制道路，却遭到“仿制论”者强烈的抵制。他们最反对的，是“由中国人来当中国产品的家”，他们认为，中国只应该生产外国产品，只能由外国人来当家。在发动机安装方式的问题上，他们不顾所有的技术分析和试验数据，强烈要求“走图-104的道路”采用翼根布局，最多也只能退到尾吊，而绝对不能采用翼吊，认为这是“美式”。这种意见如此强烈，以至于在高层会议上用鲜明的措辞响亮地提出，并从此埋下“仿制派”以后长时间贬低和抵制”运10”成果的伏线。

他们嘲笑“运10”经过试验比较再选择翼型的方法，一直闹了20年，经常在各种场合揶揄说：“运10”采用的是一种外国翼型，你知道

吗？”仿佛这是天大的不可告人的丑闻。实际上只是因为他们认为理所当然应该采用苏式翼型，而“运10”没有这样做。其实，翼型作为一种工程研究基本成果，是全人类共有的财富，各国都可以挑合用的来用。正如不能因为爱迪生发明的电灯泡是圆的，中国的灯泡就偏要做成方的，福特造的汽车是四个轮子，中国汽车就必须造成五个轮子一样。整个20世纪内，中国所有的飞机使用的都是外国开发出的翼型，从来没有一种飞机使用“李时珍翼型”或“祖冲之翼型”等纯民族牌的本地翼型。

良好的起点

“运10”的设计对我是难忘的经历。仅它的平尾面积，就比我过去从事的喷气战斗机的机翼面积还要大上5倍。“运10”是我国的飞机设计首次从十吨级向百吨级冲刺。在科学技术上，凡数量差上十倍就称为达到一个量级，事物就会有质的变化。如果说我国过去设计的飞机是一些小艇，那么“运10”就是一艘巨轮。

大飞机并不是小飞机简单地放大，正如同巨轮不是舢板的放大一样，连自然界的大象也不是老鼠形态的放大。尺寸放大以后，会出现称为“尺度效应”的现象，需要重新找到解决的途径。例如长达40多米的翼展，”运10”就不可能再按小飞机一样将机翼设计成为“刚性”机翼，而必须考虑“气动弹性”效应按“柔性机翼”的原则来设计。许多结构和系统、甚至概念和方法，都提出了许多新的挑战。比如说，小型飞机的机翼上一般有四片辅助翼面，（一对副翼，一对襟翼），但“运10”的机翼上的辅助翼面竟然多达50片，每一片都要解决构造问题、功能问题和操作问题。如果没有接受新事物的创新开拓精神，很难完成这种量级的跳跃。

大约15年前，当我还在“第一飞机设计室”的时候，来了一群大学生来实习。我给他们专门作过一次讲课，讲飞机结构的发展。当时我讲的，还是带有“前瞻性”的发展方向，比如整体壁钣、蜂窝结构、变厚度蒙皮及整体油箱等。当时这些在小型喷气飞机上采且并不急迫，但在“运10”飞机，却必须全部用上，不然结构重量会使飞机的有效载重大打折扣。

“运10”在飞行中大部分时间在“高亚音速”区域巡航。机翼的设计要在这个速度领域内最有利。这样大吨位的飞机，却必须在通常的喷气机跑道上起降，因此机翼上的增升装置的型式和数量都比小型飞机复杂得多。结构上，机翼内的整体油箱需要装载50多吨燃油，而在此前我国自行设计的飞机上获奖的整体油箱的载油量仅为40公斤。整个

机身是一个密封的客舱，在高空需要承受压差并保证结构的疲劳寿命。

在操纵系统上，如此巨大的尺寸，在过去小型飞机上通用的“硬式操纵”系统不但因杆件过长而不能保证受压稳定，并且在高空由于温差造成的热涨冷缩现象也会使中点偏离中位，因而不得不使用“软式”的钢索操纵系统。

另一方面，虽然“运10”飞机比我以前设计的飞机大了许多，但仍然存在许多通用的东西。一般地说，当出现众多矛盾时，如何保证优先级的问题重点得到解决的思维方法等，对小飞机和大飞机都是类似的。我在过去一些机型设计中的经验和思考方法，对“运10”的设计中处理问题带来了很大的方便。我自己在“运10”设计中一面学习，一面运用自己的所学，使原有的知识得到空前未有的扩大和充实。

我刚来上海时许多人还不认识我。我提出了飞机的起落架位置应该向后移动，这样重大的改变一般会引起很大面积的技术工作返工，会招致许多反对。但是我召集有关人同共同开会，讲清理由之后，意见很快被听取，飞机的参数相应作了更改。

“运10”是我国第一次按欧美通用的“适航标准”作为设计规范来设计的飞机。这种新领域的设计，设计中需要直接参考大量的国外技术资料，“运10”是我国第一次按欧美的“适航标准”作为设计规范来设计的飞机。设计所的“资料翻译室”聘我为兼职翻译，除了分配给我国外资料的翻译任务之外，其他技术人员阅读外文资料弄不懂确切含义时，便来找我。这样的附带收益是使我在解决别人英语障碍中了解到了相当广泛的技术知识。为了这些翻译和辅导工作，翻译室特别发给我一本厚厚的英语词典作为“奖励”。

我对大型飞机的设计特点作了一番探讨，将研究结果对总体气动研究室全体作了集中讲课，并写了一篇总结性的文章。北京管理机关派了一位老专家来上海，组织出版一本专门阐述大型飞机设计特点的书，把我这篇选为第一篇。这位老专家还在总结大会上特地表扬了我这篇文章。

航空界一位工艺方面的老专家，这时也对一种外国大型喷气飞机的技术进行了研究，总结出很多值得注意的特点。有一次他特地来找来，和我交流心得，我向他学习了不少。但是最后他说，干脆放弃“运10”的总体方案好啦，我们来测绘仿制外国这种飞机。

我当时很感意外。我国飞机设计事业的奠基人徐舜寿是明确反

对“唯某种外国飞机论”的。产品发展之道，应该由我国设计人员对产品进行“工程综合”、创立我国有知识产权的产品，这一直是我的信念。我数十年来从事航空设计始终在做这种工作。现在提出“测绘”某种外国飞机，不是完全彻底的“唯外国飞机论”吗？

出于对他的尊敬，我觉得没有必要和他争论个水落石出，便只有沉默。后来我才知道，他误会了我沉默的含义，以为他说服了我。

他后来去对“运10”工程的组织者说了同样的意见，并且说，在研究了一种外国大型喷气飞机之后，程不时有很好的意见，建议工程组织者好好听一听程的看法。

组织者来到我的办公室，开门见山说明他来访的来由说：“那位工艺专家说你有很好的意见，要我来听一听，我今天就是特地前来听你的看法。”

我这才知道，原来是“仿制论”崇尚者把我拉为同盟，来向“运10”组织者施加压力。但是我并不同意“仿制”技术路线。

组织者既然是来听意见的，我便将我认为“运10”应该采取的十点先进技术讲了一下。我说完后，组织者看着我的嘴，等我说出建议仿制国外飞机的建议。他预料我会讲的。可是我始终没有说这样的话。他便起身走了。

我说的十点先进技术，以后都采用到了“运10”飞机上。但“运10”总体上作为一项中国的设计的特点，却鲜明地保持了下来。我们自觉地在“运10”研制中摒弃了“仿制”技术路线。

那位工艺专家后来成为国内“仿制”路线的代表性人物。而在以后国内产生的举行的关于国产大型旅客机的发展道路的讨论中，我成为“自主开发”方法的明确主张者。“仿制”技术路线在以后25年内再也没有在一架中国飞机上显现威力，只不过成为国内航空界攻击“自主开发”路线的一种情绪倾向而已。到了21世纪开始，我国发展民用客机的技术路线明确提出了“以我为自，自主开发”的方针。

1972年的方案汇审会议上，我准备了一个关于总体设计的型式选择论证全面报告。全国来的专家听了这个报告，认可通过了“运10”的设计方案。

在“运10”的方案审定会议时，集中了全国知名的一些飞机设计师来参加讨论。我遇见了50年代初期在沈阳“第一飞机设计室”时共同工

作的设计师陆孝彭。我陪同他一起观看了“运10”的木质样机。这样巨大的飞机，以一比一的尺寸用木质制造出来，摆在当时的厂房内，垂尾的顶端几乎触到厂房顶棚，而翼展伸展开去，真是一个庞然大物。

陆孝彭满怀兴趣地参见了样机，一面和我讨论，一面发着感慨。他说：“这架飞机最大的优点是按国家的正式任务研制的。这是最有力的保证。”他对这一点非常羡慕。

他是有所感而发的。因为他曾主动提出过一种“轻型歼击机”的设计，就是被称为“空中李向阳”的喷气歼击机。但是这并不是国家从上向下的途径下达的任务，因此研制过程十分艰难，飞机虽然试飞了却中途夭折。

我对他也谈了自己的感受，我说“运10”这样大的飞机，研制周期要以十年计。我过去已经参加研制过不少型号飞机，但像“运10”这样规模的飞机，看来研制完成后我也不可能再从事别的机种的研制了。陆孝彭想了想，说：“那倒也是。”

没有想到，陆孝彭看好的“运10”工程的优点，即便在1970年正式下达任务、在1980年的全国科学大会上再次确认、并列为国家重点，后来却仍然因种种变故而使“运10”被搁置。主要由于航空工业内部存在一种因循守旧的思潮。而陆孝彭自己，在研制“空中李向阳”之后，也只是领导了一些改型设计和课题研究，终于没有再在新型号中发挥他的设计才能。

充满创新意识的过程

“运10”工程中，采用的新设计方法、新规范、新术、新工艺、新材料、新成品附件的幅度，是以前的型号设计中所罕见的。“运10”飞机上出现了许多国产飞机上从未有过的系统和设备。有些过去有过的项目也是原理、概念大不相同。这些出自型号特点而提出来的需要，通过这支生气勃勃的求实求新的技术队伍不懈的努力，终于迈过了一个又一个的门槛，使需要与可能得到良好的结合，使我国飞机设计的能力进入到一个新的境界。

“运10”的各个环节充满了创新。比如系统试验室为模拟飞机整体在空中的各种姿态，设计了一种用三点支持全尺寸的机翼的万向支撑，就是一个很有创意的设计，受到航空部何文治副部长的高度赞扬。

总体组经常需要处理各式各样的事，不论问题大小，都要想出解决办法。一次负责设计外形的女工程师问我：一块蒙皮的形状到后方要与气流相切，应该怎样设计？我说，就用三角正切函数的数学规律好了，因为正切规律在数学上是光滑的，而到直角时数值等于无穷大，正好与气流方向相切。她听后想了想，点点头就按这样设计了。

我以前没有处理过同一问题，也没有在书籍或资料上读到过应该怎样处理这个问题，但飞行证明这部分的设计情况良好 。后来我在总结中谈到我“灵机一动”解决这个问的经过，有一位循规蹈矩的工程技术人员指出我“用词不当”：严肃的飞机设计问题应该总是经过严密推导才能解决的，怎么可以灵机一动呢？

我觉得这正是很多不懂得创新思维规律的人常有的观点，他们认为每一步都应该遵循先人踏出来的路走。事实上人们在解决问题的时候，常常需要调动大脑内潜意识中埋藏的各种信息，并进行特定的综合拼装才能找到途径。创新意念常常是思维的非逻辑运转下形成的，所以“灵机一动”是发明与革新中经常取得效果的来源之一，需要当事者丰富的知识内藏和灵活的处理能力。我后来写了一系列关于“灵感”的成因和思维锻炼的文章，在许多报刊上阐述，有几篇数十年后被收进《20世纪代表性科学小品文》选集中。

在部件技术设计和零件细节设计中，一次在各设计室主任的会议上，我着重谈了重量在飞机设计中的重要性。重量是设计质量的一面镜子，反映设计的优劣。在设计中应该控制重量的增长，控制的办法等等。我讲完后，一位与会室主任大声地强烈提出：“这个报告应该向全体设计人员讲，让大家都听到……”

接下来两个星期，我几乎每天都要向一两个设计组的成员重复讲这个报告。很多年后，一位老资格设计人员告诉我说，他印象最深的是我当时讲到一个比喻，说“飞机上多余的重量并不像一堆煤一样堆在某地，只要把它铲掉就完事了的，而是隐藏在飞机各处，需要精心工作去把它们挖掘出来……”。

我自己倒不记得这句话了。当时我们下到每一个设计组去帮助具体减重，控制设计过程中重量的增长，并建立了一种重量通报，每周印发向全所通报重量工作进展的情况。

在“运10”研制过程中，我们运用计算机开发出138个应用程序。我自己也编写了不少计算机程序，使“运10”首次在我国飞机型号设计中大面积使用计算机辅助设计。此外我对工程设计中用电子计算优化方法进行了研究和开发。中国科学院的数学研究所派一个小组来向我

调研我的工作进展，我提了几条意见他们认为很有启发。国防工业系统也派人来了解我的工作进展，特邀我参加在烟台召开的专门会议，在会上特地给我四倍常规发言的时间来讲述我们在飞机设计中运用优化方法的结果和体会。

我开发出的这种程序，被用在尾旋多元方程上，计算结果与价值昂贵周期冗长的试验很接近；也用在飞机水面迫降的水线计算上，用其它方法几乎无法计算。我还将这种办法用在以我为主进行的“大型飞机水系统调整重心的方法”上，在百吨以上的飞机上实际试飞时，用水系统达到灵活准确调整全机重心的目的。当时我就乘坐在飞机上，在水系统成排的水桶架旁按照计算机的计算结果调整着水量和全机重心。

1977年11月，我参加了在万人体育馆举行的上海第一机电工业局科学技术大会。我写的《计算机辅助飞机设计》(上下册)专著被裹上红绸送上主席台作为单位的献礼。我结婚迟，这时快50岁了，而儿子还在小学低年级。我在锣鼓喧天中和一群受表彰的科技人员一同走向主席台时，穿过体育馆场地中载歌载舞的儿童，看到蹦蹦跳跳的儿子的双颊被老师涂成两个红饼，那形象实在好笑又可爱。他看见我胸前载着大红花，也很奇怪地不断转头看我。

紧接着，我在下一个月又参加了上海市的科学大会。1978年3月，全国科学大会在北京召开，我主持的“水系统调整重心的试飞方法”获得了全国科学大会奖。

翱翔在祖国领空

1980年9月，自从任务下达的1970年8月以来，全国多少人付出了十年辛劳，“运10”飞机完成了一切试验及地面准备。这时何文治新任航空工业部副部长，上任的第一个任务，就是集中一大批全国各地的航空专家来上海，对“运10”进行首飞前的技术审查。

专家们连续几天听了我们汇报设计过程及技术准备情况，观察了现场，检查了飞机，对我们的陈述基本表示满意，只提出一项补充试验。就是发动机灭火系统，因飞机上管道长度太长，过去只分段做过通气试验，认为在全系统在飞机上安装完毕之后，应该再作一次贯通的试验。试验时我在现场。虽然这是航空部审查组特意指出需要补充的试验，现场很慎重其事，到场的各方面人员很多，但实际的试验只在“接通！”一声令下，“扑哧”一声就完成了，前后只有2-3秒钟。

何文治副部长在审查结论会上说：“来上海前，听到关于这架飞机种种传说，感到主持试飞的任务不好办。但是来了以后，实际看到的情况，与我以前听到的完全不同。在你们工作的基础上，我可以签字，同意试飞。”

原来以前对“运10”在技术上指责的种种意见，主要来自航空工业内长期仿制外国飞机的人们。他们关心的角度集中在试制的工艺装备是否齐备，因为这是仿制现成的机型所遇到的主要问题。但研制一个新的型号时，主要问题应该注意设计思维是否健康，设计试验是否足够。而试制的工艺装备则允许比成批生产时作很大程度的简化。何文治本人在50年代亲身参加过我国早期一些新研制型号的研制，因此他能够掌握问题的主要方面，对一些不得要领的或单纯出自情绪上的抵触而提出的批评能够做出正确的判断。

1980年9月26日，我们清晨从上海市南面龙华机场附近的居住地坐车来到北郊的大场机场，穿过整个上海市。到达机场时，阳光尚未升起。广阔的机场上，真是万人空巷。这时朝霞满天，巨大的机库的大门被推开了。机库里似乎还盛着昨夜的清凉，光线模糊。首先是一个小甲虫似的牵引车从库内缓缓开出，出现在门外的霞光里。慢慢地，在它身后五米，显出了“运10”巨大的流线型机头。接着，驾驶舱的前风档玻璃出来了，像大睁着惊奇的眼睛探望着外面的世界!

“运10”庞大的身躯逐渐显现出来。啊呀，它是如此巨大！

中国历史上造出的最大的飞机，把厂房门撑得满满的，像是从隧道里开出一列列车似的。牵引车拉着飞机徐徐转了一个九十度的大弯，飞机像丁字台上的服装模特儿一样展示各个角度的优美线条，绽放着它新喷过漆的闪亮色彩。高大的机尾上喷上了巨大的五星红旗和红色的“Y-10”徽号，像电影中的摇镜头一样展现在万众面前。

这种景象，真使人心潮澎湃。设计人员几年来为它日夜冥思苦想，在每一点上争辩衡量。在每一根曲线上倾注着深情，在每一个细节上反复试验，现在把它交给了喷火的气流，呼啸的疾风，密如蛛网的线路上电子的奔涌，就像它是一具复杂的琴，如今供试飞机组用音乐家的手在天空奏响，用美术家的笔去到云端勾画。

这时，天边刚露出一抹红霞。不一会儿，一轮红日喷薄而出。机场平行于跑道的滑行道上，汇集着人头攒动的人群。更多的没有进入机场的飞机厂工人，则站在高大的厂房的顶棚上，看似南方的山峦上长着的许多树丛一般。他们要目睹自己产品的升空。一座厂房的高层有人推开一扇玻璃窗，映着初起的阳光明亮地一闪。

现场的上万人群中，都为“运10”是否真能飞起来感到紧张。临跑道的一侧，摆上了几排坐椅。一群白发佝偻的老工人和一位老工程师坐在那里。那老工程师身上挂着从体内接出盛体液的瓶子，大手术之后拒绝了继续休养的安排， 要求尽快返回试制第一线， 把手术刀下夺回来的有限生命献给这架飞机。终于他熬到了这一天， 执意要来亲自观看“运10”的首次飞行。

前面是一条为“运10”试飞新翻修的跑道。人们觉得分明看到了二十世纪初，还是仅70多年前我国航空先驱冯如开创的那条通天的路。我今天还无法平静地叙述参加“运10”试飞盛典时的感受。我只能说，能亲自将我国依靠本国的力量创造出的有史以来的最大飞机送上天空，真是一种难忘的体验。

当时在胸中充盈的是一种使命感。

试飞机长王金大，是民航局的第一批机长。他曾经驾驶过很多运输机机型，包括苏式螺旋桨推进的和美式的喷气客机，并曾上百次飞行在最艰难的进藏航线上。他在“运10”工程的早期就由民航局派来参加此项工程，参加了许多重要技术问题的讨论，与许多工程技术人员交了朋友。他把担任我国第一架自行研制的大型喷气飞机“运10””当着一生最光荣的任务。

他胜利完成了试飞，驾驶“运10”在机场轻盈地着陆了，打开机翼上的减升板和发动机的反推力，如此巨大的飞机竟在很短的距离内停止了前冲速度。机组在锣鼓和鲜花的簇拥下将飞机驶回出发地停机坪，在万众欢腾下步下了机梯，个个满脸笑容有如晨光般灿烂。

我私下问机长王金大首次飞“运10”的感受，他悄悄对我说：“就像大个子打篮球一样。”我一时没有明白他的意思，他解释说：“一般大个子行动好像欠灵活，但是你看篮球比赛的运动员，个个都是个子高大，但动作却是十分机动灵活。“运10”在空中，就像篮球场上的运动员那样，这么大一架飞机，飞行起来却是生龙活虎！”

但是在正式的飞行汇报会议上，面对摄影镜头及众多期待的目光，他不能说“大个子打篮球”的比喻，而用了比较正式的评语：“飞机的操纵得心应手！

1984年10月1日，在新中国成立35周年的国庆游行中，“运10”飞机巨大的模型代表我国航空工业的成就通过天安门广场，雄伟的图像用电视传送到了全国和世界各地，载入了史册。

以后，“运10”除了进行常规试飞的一些项目以外，还对国内一些城市作了适应性航线试飞，曾从我国东部的上海起飞，越过泰山之巅，直飞北京。北京机关、部队及各方面人士约九千人观看了“运10”的飞行表演，并列队进入机舱参观。

接着，“运10”从上海出发，飞过东海海域，黄海海域、越过长白山、兴安岭、直达东北的哈尔滨，以观察“运10”对我国北部严寒地区的适应性。

“运10”又向南越过南岭和珠江，到达广州。此行顺带运送了海关14吨货物。然后向西飞到昆明高原机场。在昆明巧遇百年未遇的大雪，“运10”在南方城市遇到这样罕见的瑞雪，也是可遇而不可求的巧事。而高原与大雪并未对“运10”造成任何有害影响。

由上海直飞西北的新疆乌鲁木齐，是我国东西向最长的航线。航程3，360公里。“运10”以全重起飞，满载新闻界的记者，在飞机上举行了记者招待会，翼下掠过长江黄河、太湖青海湖和河西走廊，以及大戈壁、秦岭、祁连山、昆仑山。

我乘坐这架装有四台喷气发动机的大型客机从长江尾的上海直飞长江头的成都，又顺流而下飞回上海。坐上自己参加设计的大鹏俯瞰祖国壮丽的山河，真令人浮想联翩。即便是幼年的梦幻，也没有梦到景象是如此的辉煌，心情感到如此舒畅。这架飞机是全国千万航空人共同的智慧和辛勤劳动的结晶，张扬着中华民族的创造力，虽背负着长期屈辱的历史，但被奋发的热烈期望所托举，高高飞翔在富饶的祖国山川河流之上。从舷窗看出去，景色十分壮观，江南水乡、湖汉平原、三峡奇峰、巴蜀云雾在翼下缓缓掠过，宛如纵览亿万年地质的变迁，展示着民族繁衍生息的辉煌文化。

壮哉此景！

浩浩长江水，江水滋润着中国辽阔的土地，汇集着众多的支流河汊，“茫茫九派流中国”，形成气势磅礴的奔腾巨流。设想没有长江，那么如许的山泉溪水也只能成为断流内水，得不到宣泄，不能成为浩瀚的水系，构不成流域的繁荣。而在昆仑长江上空飞翔的这只大鹏，粉碎了倨傲的外国记者因中国没有自己的大型喷气客机而作出的“中国是一只没有翅膀的鹰”的讽刺，代表了腾飞的中国的气势。

紧接着，该机从成都试航有“世界屋脊”之称的西藏拉萨。这是一条过去被称为“空中禁区”、“死亡航线”的世界最艰难的航线。飞机飞越了积雪凝冰的大雪山、唐古拉山、飞越金沙江、澜沧江，雅鲁藏布

江，飞抵海拔3540米的拉萨贡戛机场。该机按国务院命令执行特别运输任务七次进藏，成为在20世纪内唯一飞抵“世界屋脊”西藏拉萨的中国自行设计的飞机，为阳光明媚的喜马拉雅山增添了光彩。

这不禁使人想到：近百年来受到外敌欺凌的勤劳智慧的中国人民，在科技上更是受尽忽视和轻蔑，但经过顽强的攀登，有强踏着荆棘丛生坚岩积雪的山路，穿过浓烟烈火的熏烤，终于来到地球上最接近太阳的高地，享受着蓝天白云的开阔。

如果展开一张我国的地图，将“运10”以华东的上海为基地起始所飞过的这些航线在地图上画出来，就可以看到“运10”飞过的航迹几乎是一张大网，覆盖了我国版图内所有大山大江，高原和平地，荒漠和沃土、湖泊和领海。

至20世纪末, 中国的航空产业以及中国的空军、民航运输业，都成为世界上不可轻侮的力量。我能亲历这个过程, 感到生命的充实和荣幸。

成就与反响

“运10”的起飞重量110吨。飞机的总重，一般是判定飞机总体技术规模的指标。“运10”达到的规模，约比另一我国完全自行设计的飞机“运12”大20倍。

在“更高、更快、更远”的飞行性能上，“运10”作出了我国20世纪内研制过的民用飞机从未有过的超越。最大速度大于马赫数0.8，远远超过其他国产民用飞机。飞行高度实用升限超过12，000米，最大航程大于8，000公里，可以从北京直飞欧洲和非洲。任何其他国产飞机，仅在落后的外国原型机的基础上“改进改型”作渐进的演变，是无论如何都不能达到“运10”突出的飞行性能，不能完成它所能执行的飞行任务。

如此巨大的飞机，却具有出色的起飞和着陆性能，可以在通常的喷气飞机机场起降。

“运10”在1980年首飞成功后，当年11月28日，英国路透社电讯评价说：“在得到这种高度复杂的技术时，再也不能把中国视为一个落后的国家了。”

美国波音公司总裁对中国设计人员说：“你们毕业了，我们只不过比你们早毕业几年。”波音公司的副总裁在美国《航空与航天周

刊》上撰文写道："运10"不是波音707的翻版，更确切地说，它是该国发展其设计制造运输机通力的十年之久的锻炼成果。"

我在上海会见美国麦道公司总裁时，他了解"运10"状态后对我说了一声："干得好！"该公司副总裁则在我们接待他的会议上发言说："运10"将中国民用飞机设计水平推进了15年。"

我接待了美国驻华大使馆的空军武官，他本人有在波音707上飞行2，000小时的纪录。他对我说："凡是熟悉波音飞机的人，站在"运10"飞机舱门前看一眼就可以明白，"运10"不是波音飞机的复制品，机翼构型明显是不同的。"

一位美籍华裔航空工程学程教授，是美国普林斯顿大学的教授，美国总统科学顾问。我在上海第一次见到他时还有一段小冲突。当时"运10"尚未试飞，工程对外还没有公开。我是作为他在上海讲学的主持人，并有时为他翻译他不了解的中文航空术语。他在演讲中再三说中国不能设计大型喷气飞机，不能驾驭这样的大型工程。我便从学术上讲了我的不同看法。我认为中国在飞机设计上已经有很多实践，在理论上也对航空学的进展有很好的研究。晚上宴会招待他，他一见到我，还冲到我面前来继续与我辩论。

宴会中他坐在我身旁，突然悄声问我说："你是不是也是从美国回来的？"我说不是，我是在中国接受航空教育的。我问怎么啦？他说："因为你的英语口音很纯正。"我当时还不知道什么叫"口音"，便问道："口音怎么啦？"他说："这只能意会，不能言传，你的英语口音很好，比我还好。"

他虽然认同了我的英语，但对我关于中国航空发展的意见却并不同意。两年后，"运10"已经进入了试飞，并且已经由媒体向世界报道过了。他再次访华时，提出要参观"运10"飞机。这次仍是我接待了他。他每次回国在各个城市都要会见很多各方面人士，我不知道他是否还记得我。

我不动声色地带领他参观了飞机，回答了他满怀兴趣地提出的一些技术上的问题。最后在接待室快要告别时，我对他委婉地说："程教授每次回国来总是会会见诸多方面的人士，程教授今天对'运10'的情况已经有了了解，外界对'运10'还常常有些误传，请程教授在合适的场合根据实际情况对这些误传作些澄清。"

不料他听到这话，激动地站起身来大声说："我宣布从现在起，我以前关于中国不能设计大型喷气飞机的话全部作废！我不知道中国

已经进行了这样大的工程，并且取得了这样的成就。这是一个很好的开端，我希望你们从这个起点很好地走下去！”

看来他并没有忘记两年前与我的争论，并且在看到“运10”的实证之后，鲜明而果断地宣布改变自己原来的意见。这种明朗爽快，倒真体现出一种科学家的精神。

在“运10”试飞已在各种国内上报刊发表，引起世界震动后，美籍华人航空结构专家牛春匀访华，当时也是我接待了他。他提出想要参观“运10”飞机。我们告诉他说，他的回程日期已定，如果要参观“运10”，那么原定要去苏州杭州的安排就不能实现了。他说：“那我宁肯参观‘运10’”。

我陪同他参观“运10”之后，在会议室对他说：“牛先生这次回国，因为时间关系，原订去苏州杭州的计划没有能实现，我们表示遗憾。”不料他即刻非常激动地说：“这次看到中国研制的‘运10’飞机，是我这次回国的最大收获，比什么人间天堂都强！我深感荣幸！”

韩国航空科学代表团十位成员，全部为美国博士，接待他们的时候，有一位朝鲜族的翻译在场。当他们问到关于“运10”的问题时，那位朝鲜族翻译说：“关于‘运10’，程教授最清楚了，就请程教授直接回答吧。”我问：“我可以讲英语吗？”这些韩国博士们都点点头。于是我用英语讲起来。我讲完后他们都点头表示满意，但没有一个人用英语与我对话。会散后在等电梯的时候，有一位成员走到我面前用英语问：“你也是从美国学习回来的吧？”他大概是从我的解说中听到了他们熟悉的美国口音。我说，不是，我是从清华大学毕业的。他连忙说：“啊，中国的MIT（美国著名“麻省理工学院）”。

我带他们来到“运10”面前，站在巨大的机翼下面查看机翼的下表面及强壮的起落架。有一个成员突然跑到我跟前，伸手向上指了指，用英语说：“你们有了‘运10’，还怕什么波音麦道！”

1993年3月，台湾航空界十位教授访问上海飞机研究所，由我接待。事后他们提出要拍一张集体照。我们便来到会议室外。手执照相机的一位教授左右看了看，说：“这里没有一块‘上海飞机研究所’的铭牌……”他们领队的是一位原来美国大学航空教授，拉着我站在队伍中说：“不要紧，照片里有‘运10’飞机的设计师，便什么纪念意义都有了！”

1993年12月，我接待了韩国航空五人科学代表团，全部是留美博士。接待他们的时候，有一位朝鲜族的翻译在场。当他们询问到关

于“运10”的问题时，那位朝鲜族翻译说：“关于‘运10’，程教授最清楚了，就请程教授直接回答吧。”我问：“我可以讲英语吗？”这些韩国博士们都点点头。于是我用英语讲起来。我讲完后他们都点头表示满意，但没有一个人用英语与我对话。散会后在等电梯的时候，有一位成员走到我面前用英语问：“你也是从美国学习回来的吧？”他大概从我的解说中听到了他们熟悉的美国口音。我说，不是，我是从清华大学毕业的。他连忙说：“啊，中国的MIT(美国著名麻省理工学院)。”

我带领他们来到“运10”面前，站在巨大的机翼下看机翼下表面及强壮的起落架。有一个成员跑到我跟前，伸手向上指了指，用英语说：“你们有了‘运10’，还怕什么波音麦道！”

“运10”飞机试飞期间，香港、新加坡及东南亚各种报纸频繁报道消息，为中国的喷气运输机胜利试飞大声欢呼。欧美报刊也发表新闻及评述，高度评价中国研制“运10”的成就。

美国《航空航天周刊》发表美国国家航空航天局访华团考察中国航空技术的报告中，将“运10”列为当时中国与国际航空技术接轨的唯一工程。

这些是外界新闻报道和来访宾客反映中沧海之一粟，只是我个人接触中的一部分，但已经说明我国自主研制有完全知识产权的“运10”飞机激起了巨大的反响，成为20世纪中我国航空产业的一个突出事件。

十二、虚拟空间里的山峰

我在大学学习的时候，工学院的学生都向往有一把好算尺，就像剑客想有一柄好剑，琴师要拥有一把好琴一样。当时最上品的是美国的GE算尺，只有家境殷实的学生才买得起。刚解放不久，学校向工学院学生提供一种简易算尺，是用照相术把GE算尺拍下来，把照片贴在竹片上来凑合使用的。这种仿造的算尺每把售价15斤小米（按实物价格），我当时就使用这种算尺。

不要认为使用算尺进行设计很原始，在20世纪6、70年代以前出现的、今天还在世界各地存在的很多工程，包括著名的桥梁大厦、高性能军用飞机及大型运输机等等，其中不少就是用这种方法设计出来的。

50年代我设计最初的几架飞机的时候，出现在现场时胸前口袋插着一支粗写笔、一支细写笔，还有一把短算尺。现场遇到问题，便掏出算尺来拉几下，即时回答处理的意见。

60年代末，中国推广优选法。我初步接触这种方法之后，引起了我极大的好奇和热情。我到图书馆去找“试验设计”等应用数学的书来看，很奇怪在有了很科学而有效的方法之后，为什么一般设计工作中却很少有人应用，甚至很多人不知道这方面的研究成果。

60年代中国开始有了电子计算机。当时使用还很不普及。我所在的沈阳，有了市一级的“计算机中心”，装备了初期的电子计算机。我阅读电子计算机的英文书籍（当时还没有计算机中文书籍）之后，觉得用计算机来计算飞机的爬升性能会很有用。我绘出了详细的计算流程图，去找计算中心请他们协助计算。

不料当时在计划经济下的习惯思路，一些部门总是多一事不如少一事。计算机中心接待我的那位计算工作者，眼睛看着桌面，头也不抬地拉长声音悠悠地说：“计算飞机问题很麻烦，许多曲线需要拟合，要花很大的力气。我们最擅长的是计算农业问题，公式非常简单，但计算的量很大，编程工作很轻松，然后就叫计算机去狠劲算就完事了。”

我心里知道他这种说法肯定是不对的，计算机就应该被用来解决复杂问题，而绝不是仅当作一个“大算盘”来计算大量数字。但是我自

己不懂编程，败下阵来。心里感到很窝火。

在计算机内塞进山峰和天空

70年代初我到了上海。飞机研究所推广计算机技术, 由大学的老师来讲“算法语言”。像往常一样，这样听课的机会从来不派我参加，我只有抽时间去“旁听”。

一听之下，真给我带来分外的喜悦。我觉得摆弄算法语言的七种标准用句，就可以用不同组合来形成复杂得不可思议的计算链，简直有如在我的眼前打开一扇门似的兴奋。

使用算法语句编写复杂的程序，是一种极富挑战的脑力运作。当要求听课的人员每人试拟几个题上机试算的时候，不少人只将一个常规的算式用算法语言表达出来，然后用计算机去算出一个早已知道的结果，觉得自己总算学会了一种操作。

我却想要用试算的两道题试一试计算机的能力。第一道是输进去两架飞机的性能，让它们在算机内自行格斗空战。每一架飞机要根据另一架飞机的位置，自行判断应该采取什么相应的动作。然后两机连续格斗形成空间三维的空战轨迹。第二道题是输进去对一架新飞机的性能要求，由计算机自动尝试飞机各种设计参数的组合，最后输出最优的参数值出来。就是说，我在计算机内塞进了空战的天空和优化的山峰。

当时国内对这类计算并没有实际的算法。我拟的这两道试算题都并不很长。但输进计算机以后，神了！计算机输出的数据，说明两架飞机真的凶猛地格斗起来，互不相让，好一派杀气腾腾！而第二道试题，计算机勤奋地做着各种设计参数的组合，最后打印出参数的最优组合，总共只花去几十秒钟时间。

后来我才知道，我“旁听”后试算的两个试题，都是我国第一次这样使用计算机。这两个简短的程序，是同类程序在我国首次出现。

我在编制这两个程序时，使用的是软件工程“方法论“中的一种“快速原型法”。它的要点是首先使用使软件能够整体运转起来，而不去追求每一个局部在开始时就已经完善。在它能够运转的基础上，再不断去 完善其局部，而软件整体从一开始贵州省是已经能够工作的。以后我组织一批技术人员将我最初完成的简化的优化软件扩大了一百倍，获得了科技进步奖，但是这个程序从第一天就是可以运转的，能

够自动执行优化功能的。我知道有的单位在编制类似的软件时，采用的一开始便追求每一个环节充分完善的理想化方法，但是他们辛勤工作了十年，程序不断扩大，但始终没有获得自动优化的功能。

我后来写文章推广这种“快速原型法”。我说，机械论者不承认量的积累，而看不到事物会有跨越式的发展，有时也只有跨越才能发展。比如修桥，常规的桥都是一个一个桥墩向前修，直到对岸。但是遇到在高山深涧上修桥的情况，就没有办法逐步向对岸渐近，采用的方法是首先向对岸射去一支箭，由箭琮过去一根细线。就是说，首先争取到达对岸，哪怕到达彼岸的只是一根线，而不是桥。有了细线，便可以拉过去一根粗线，然后可以 拉地去细绳和粗绳，直至钢索和铁链，这样把桥修起来。这就是跨越式发展，是首先达到了主要的目标，然后在实践中不断完善的发展方式。

直到2003年，当我已经73岁，被邀请到好几个城市对我国的高科技课题进行评审的时候，我在会上结合所评审的项目仍在讲解在科技事业发展中的这种“快速原型法”，谈在些事不宜于一开始就求全责备，而应该首先强调完成最主要的任务、特别对一带有跨越性质的新事物更是如此。比如百年前莱特兄弟研制第一架飞机的时候，他们首先飞起来的飞机是不完善的，连发动机也没有，只是一架滑翔机。但是他们用这架滑翔机飞起来了，飞了许多次，掌握了驾驶技巧，首先达到了“飞起来”的目标。后来他们给这架滑翔机装上发动机，便成了第一架飞机。而有些人，比如美国的马克辛设计的飞机，一开始就很完善，很庞大，功率强劲，但一飞就坏了，始终未能进入飞行的境界。

我还讲到美国第一次超音速飞行，用的是一架不完备的飞机，这架飞机是用钢板焊接的试验机“X-1”，连长时间工作的发动机也没有，装的是火箭动力，而且不能自己起飞，是由母机带到空中去投放的。但是“X-1”完成了最主要的任务，突破了音障，人类第一次飞到了超音速。以后正式设计超音速战斗机就好办了，有了正规的结构和动力，可以派上正规的用途了。

我也提到了20多年前我编写我国第一个参数优化程序的时候，第一个“快速达到目的”的简化程序只占一张纸，但是它在国内首先具有了可以进行优化循环的功能，成为以后扩大一百倍的基础，面另有人用“一步一个脚印”的办法做了十年还没有达到最基本功能。

当我讲话的时候，我注意到会场上一些科技界正当年的“后起之秀”，一面听一面手中很快在记。更出乎意外的，是会后有人特前来向我表示感谢，说这个讲话“很有见地，从中获益匪浅”云。

爬山遇悬崖：好事还是坏事？

在一次航空部门的全国计算机应用交流会议上，我把“双机格斗”程序作了一次论文报告。空军学院要求我为他们计算几种飞机的格斗性能，我算完后把结果寄给了他们。以后，由于我的主要工作已经投入民用飞机设计，就没有再在双机格斗的程序上工作下去。

而第二个参数优化程序，我根据自己的体会，写了五篇介绍这种方法的论文，在刘永培主编的那个航空杂志上作为“讲座连载”发表了。当时处在“文化大革命”末期。在文革动乱中，我继续对航空技术发展追踪和写稿。当时写稿没有稿费，完全是义务的，并且为了防止被别人以莫须有的罪名滥加批判，我一直使用笔名发表技术文章。所以，当时钻研技术确实是“既无名又无利”，而且冒着风险的。

但是当我写成“总体参数优化”的连载讲座之后，我感觉到在飞机总体设计中采用计算机自动优化的方法，在某种程度是对传统的飞机设计方法的一种革命性的进步。介绍这样重要的方法，我不宜再使用匿名，便使用了真名。这是在我国首次介绍这样应用计算机的文章。编辑部给我转来一个单位盖有公章的来函说：刚读到这篇连载文章，以前没有注意到国内还有这样好的刊物，特要求编辑部提供若干套有载有该文的期刊，并要求同意申请补订该刊。

不久，我被派往北京参加一种新飞机的方案讨论会议。许多国内飞机设计部门的著名人士和航空高等院校的教师都来了。我刚发表的那个讲座在飞机设计界引起了相当普遍的注意，会议邀请我对这种方法作一专题讲课。

参加会议的北京有关人士听到讲课后，向自己的单位传播了这一消息。这样，紧接着北京航空管理部门的飞机局、和技术信息研究部门分别邀请我去作了专题讲座。我还受北京航空航天大学邀请，去对飞机和发动机系的教师讲解这种方法。

不久，近20年前与我在沈阳一同工作过的管德来上海出差。我与他很久不见了，他后来成为专攻航空颤震问题的工程院院士。他大概读到了我在航空刊物上介绍参数做强化方法的文章，因此见到我时惊奇地问道：“你从哪里学的那么多数学？”可是，我参加工作以后，并没有机会接受过任何进修或培训。我所有的新知识，包括航空知识和数学知识，全是自学得来的。

1979年10月，南京航空航天在学庆祝20周年校庆，邀我作为嘉

宾前去参加庆祝大会，在大会上作科学报告，并对设计专业的教师们作“参数优化方法”的讲座。以后，该校的飞机和直升机设计推行参数优化方法，在学术上获得很大成就，给我送来纪念品以表示我在该校最早介绍优化方法的感谢。西北工业大学则直接使用我编写的《计算机辅助飞机设计》（上、下册）作为研究生教材达20余年。

按理说，我的工作岗位是设计出具体的飞机型号。至于设计方法本身的研究，应该由航空大学的教授和理论工作者去做。但是，用计算机优化来自动探寻飞机方案最优参数组合这个任务，却由我来完成了。这也许得益于我的外文阅读能力，使我关心着世界航空技术的最新进展；也许得益于我的数学能力，所以我能自行推演出必要的数学运算并将以编程；或许还得益于我对新事物怀着浓厚的兴趣，有着一股穷追猛打直至亲自将其实现的犟劲吧。

为论文辩护

计算机在作优化计算时，操作台上闪烁着红绿灯，那是在一座陡峭的山峰上勤勉地爬山，力图增加高度登上目标面的高峰。

这是一座在虚拟的空间里高耸的山峰。山体的形状，由于航空技术多种因素的复杂关系而显得很奇特怪异。现在的目标，不是设计一架飞越青藏高原的“运10”一样的飞机从上面飞过去，而是要从底部曲折地爬上高峰，就找到了飞机总体参数的最优组合。

在国内，我是首先在飞机设计上摸索编制这种优化的计算机软件的。那些日子我的思维高度活跃，总处于兴奋状态。当时我们在工作时间中还有工间操的间隙，我是运动持做操的少数人之一。但是这时我也不做操了，而是绕我们的设计大楼快步走一圈。大楼的正门外面是一个供洗车开上来的坡道。每走到这里，我就会在心中默想：如果我看不到这个坡道的形象，只凭脚下的感觉要登上这个山坡，我应该怎样迈步、如何调整方向？我迈着大步在坡道上弯弯曲曲地走着。偶然有同事看到我怪异的步伐，奇怪地问我：“你在干什么？”我只有一笑，回答说：“锻炼身体！”

我设想，在可行区的边缘建一道“悬崖”而不是挖一道沟，就可以同时得到国外通用的两种罚函数的优点，而消除其各自的缺点。我把这种函数命名为“悬崖罚函数”。

我用好几种办法试算了我设想的几何外形的目标面，证明这种函数果然有效。1978年11月，我写成论文投寄《航空学报》，这是“中

国航空学会”的会刊。应该算是我国航空界最高学术权威性的刊物了。但不久却被退稿。

正好我因公出差到北京，顺便到编辑部询问情况，一位女编辑对我说：“你不要问审稿者是谁，这对作者是保密的。但是审稿者认为这种‘悬崖’将破坏目标面的连续性，使优化得不到结果。”

审稿者从数学表达式出发对山峰的描述（造成目标面在几何上不连续）是对的。但是不连续的目标面只是对无限短步长的、需要导数的优化法时可能出现麻烦（麻烦只出现在很小几率的悬岩奇点上）。而飞机总体参数优化最常用的是直接法。当采用直接法时，悬崖并不构成问题。

我不知道审稿者是谁，无法向其申诉，只好向“中国航空学会”的理事长沈元教授写去一封申辩的信（他曾长期任北京航空学院院长，并且担任航空学会的理事长）。我说，自从微积分发明，三百年来科学技术都是以微分方程为工具，因此很讲究数学描述的连续性，因为连续才能可微。但是微积分不能解释突变现象。近年来的“突变论”就特别在数学上表达了世间突变的不连续现象。现寄上科学院的《科学通报》刊载我写的关于介绍“突变论”的文章。不连续并不可怕。同时寄上我用“不连续”的“悬崖罚函数”对“罗森布拉克检验函数”的试算结果，证明这种罚函数的悬崖特征在用直接优化法时对达到目标面高峰没有障碍。

我对自己创立的罚函数的信心，除来自实算的结果以外，还因为我刚发表的对于“突变论”研究的心得。70年代中期, 四人帮倒台。“运10”研制工程进入最后冲刺阶段, 中国经过20多年的封闭以后首次对外打开大门。当时我约48岁，但是心情感到突然变年经了，思想分外活跃。

这时我从国外科学刊物上读到一篇关于“突变论”的文章。这种世界学术界最新推出的学科有两点使我入迷：第一，渐变与突变，本是宇宙万物演变的最基本现象之一，但历来数学只能描绘连续发展的渐变。而突变论却首次对突变现象给出合理的描述和解释。第二、这种学说的数学核心，是指出某些现象的势能方程实际上是多维空间里的一张复杂曲面，我觉得就有如一张带有褶皱的荷叶。某些过程就像荷叶上的一滴露珠，沿叶面流淌。在平滑的区域，水滴的流动轨迹是连续的，但遇到荷叶的褶皱处，水滴就会从叶面突然坠落下来，落在下一层叶面上。这种突然坠落，就造成事物的突变。

这是相当抽象的概念，但是对多维空间里复杂曲面的描述，这

种“形象思维”我觉得很容易接受，也使我十分兴奋。于是我到市里的图书馆去查阅了国外几篇有关这最新学科的论文，加上我自己的理解，写了一篇关于“突变论”的综述文章，寄中国科学院的《科学通报》。不久，这篇文章发表在该刊的首篇。当时就有读者致书编辑部，对该刊发表这样的文章表示感谢。以后据说有好几篇论文引述了该文。

以后的事却是我没有料到的。“突变论”后来与“信息论”、“系统论”并列，被认为是20世纪后半叶的“三大横断学科”，即可以应用于自然科学和社会科学广泛的领域。而我写的那篇综述文章，竟是国内正面介绍“突变论”的首篇。

经过航空学会理事长沈元院长的干预，我关于“悬崖函数”的论文才得以发表。以后，这种罚函数被航空航天部门及高等院校所通用，取得很好的结果。在某种程度上，这项成绩得益于我的形象思维，或空间想象能力，与绘画训练有关。

1977年12月，我用自己的体会写了一本《计算机辅助飞机设计》的书，分上下册。其中有相当的内容是讲目标面的山峰地形。我国的航空技术在20世纪后20年大步“计算机化”的进程中，此书被认为是第一部专论。

以后我除了飞机设计技术工作之外, 还负责了计算机中心的技术领导任务。1993年，我60多岁时，接待了台湾航空教授十人访问团，带队的是一位白发的老教授，以前在美国当教授，退休后才受聘返回台湾。由于他的“资深”名望，作为代表团的带队。他带领的代表团中的教授全部都是美国留学的，其中有很大比例从事计算机技术。

这位带队的白发老教授见到我时，向我提到美国一位知名的华裔吴教授。原来前些年那位吴教授回国访问的时候，我曾在一个座谈会上与他相遇。我们交换名片后，他看到我的名字后当场大叫说：“啊呀是你呀！我在航空刊物上读到过关于飞机设计中使用系统工程方法的文章！”我说：“既然你看过那篇文章，那么请你指正吧……”吴教授连忙说“我提到这篇文章，当然就是说我非常赞赏！这次回国来遇见你真是太高兴了。”吴教授回到美国后，立即给我寄来他写的关于系统工程方法的论文，以示交流。

这次带领台湾教授的白发教授在美国执教时曾听吴教授提到过我。这样一来，我与这位白发教授算是有了共同的熟人，就随便起来。我带领他们参观我们的计算中心的时候，领队教授见我也是满头白发，便对我说：“像我们一辈的航空工程师（指他和我），对计算

机不大懂。”我回答他说：“是的，我们当时学校学习时没有这个内容。但是这个计算中心技术上由我负责。”他听了便没有再说什么。

我指导几个合作者扩大和完善了我原来编定的参数优化程序，成为我国第一个飞机总体参数优化的工具。航空与航天不少部门运用该方法编出的优化程序，都获得了我国航空与航天方面的科技进步奖。该方法被航空航天大学编入教科书。

因沉默而吃瘪

1983年，我已经53岁，有一次参加与美国一个飞机公司的技术交流。对方头头是一个身材高大的胖老头。当时国内有“主谈”制度，即中方由一个人为主，一切听这位主谈的安排。这次中方的“主谈”是一个年轻的刚上任的头头，自己英语很好，很有自信，因此会谈中他始终一个人谈，我和其他人员一直陪坐在那里。

两天以后，美方的头头向美国代表团中一个华人反映说：（这个华人没有参加我们这个组）“中方怎么只有一个人讲话？有一个年纪和我差不多的，两天来一声不吭坐在那里，我们谈什么他懂不懂？”

这个华人马上听出是这话是指我，便对他说：“你不要搞错！这是个航空大权威！”（我从来不知道自己是什么“大权威”）。这个华人把美方的反映告诉了中方主谈。所以在第三天交流中，当谈到飞机总体参数的问题时，主谈转向我说：“这个问题请你谈谈。”

于是我走上讲台，拿起粉笔在黑板上画出我们程序的流程图，然后用英语讲解我们的参数优化方法，简直就是向他们讲了一课。我讲完后，美方相应的专家立即点头表态说：“我们也用了类似的思路，但方法没有这样巧妙。”这说明，就自动优化的方法来说，他们公司还没有接触过。

美方的胖老头什么也没有说。看来我的英语表达能力、所谈到的问题的深度和新颖，超过了他的预想。到散会时，他赶紧跑到会议室门口，到我将走出门时，伸出手来握手相送，并低下他高傲的头，弯腰鞠躬说：“非常荣幸！”

不是外星人

1986年6月，我到欧洲一个国家，和那里的飞机公司进行联合工作。这是一个非英语国家，双方规定工作语言是英语。中国技术人员

和外方技术人员混合编组，我参加的是工程组。最后开全体大会，讨论工程组所提出的飞机设计方案。

进入会场后，我发现会场上中国人自然而然坐在长条桌的一侧，而外国各组人员坐在另一侧，并没有按混合编组入座。也许是当时中国人还很怯懦，觉得坐在自己同胞身边比较安全。

工程组的外方人员报告了一个飞机的初步方案。接着各组对方案提出各种质询，频频进攻。坐在中方一侧的，没有一个人讲话。会场出现很滑稽的局面：一群非英语国家的人员，用英语进行激烈的争辩，为了的是讲给中国人听。而中国人一个个噤若寒蝉，默不作声。

我这次只是中方的一个客座成员，并没有准备发言。这时实在看不下去了，便插进去说："我来提一点看法。我是工程组的一员。我们对这个方案的考虑是这样的，我们的目的是这样的，这个方案到今天到达的程度我们是这样理解的，这只是一个初步的起点，下一步我们还要对这个原始方案进行优化……"

从我开始发言开始，吵吵闹闹的会场突然变得鸦雀无声。我说了好大一段，讲完后会场还是没有人讲话。该公司的总裁坐在桌子对面，瞪大了眼睛从金丝边眼镜后看着我，仿佛我是不知从哪里钻出来的外星人一般。

随同我们出国的一位官员曾在会下说："像我们这样的英语水平，如果事先知道会议上要讲话，头天晚上准备好了，还能讲两句。但是吵架不行。在会议现场要现来现去地就一个问题临机发表观点，水平达不到。"但是我的临机发言却在某种程度对讨论作了总结，下面再没有进一步的争论了，转为讨论其他问题。

回国后，我们用程序对国外提的方案进行了优化，发现飞机的机翼面积应减小10平方米，而机翼的展弦比应该加大30%。在下一次与国外的联合技术会议以前，我们带着这个结果来到会议召集地。会议是由国内另一单位主持的。我们报告优化结果之后，不料招到中方主持单位的拒绝，不允许我们在交流会上谈自己计算的结果。

他们说："外国人又不是吃干饭的，你想他们会向我们提出一个错误的方案吗？"

他们还说："在飞机方案设计的问题上，中国人不要想和外国人平起平坐地讨论问题，不要激怒了他们。中国只有草鞋草帽可以作为工艺品打入世界市场，在高技术问题上，中国是没有发言权的。"

这是主持方的论点。这个单位，确实没有设计过飞机，要说他们没有资格对飞机设计提出任何观点，那可能是对的。但我已经设计过许多飞机了，我们设计的“运10”飞到了全国各地。我们的设计技术与美国一些飞机公司合作都取得了对方的尊重。为什么在这里就连意见也不许讲？

经过我据理力争，主持方含糊其辞地说，因为安排不出时间给我发言。我很气愤，几天的会议日程，难道就安排不出我发言的时间？我说，“那么好，请给我五分钟。五分钟我就可以讲完我们的主要结果了。”

主持方看问题僵持到这种程度，也不便再坚持，便假惺惺地开恩说：“就给你十分钟吧。”

但是在约定的那次会议上，主持方却安排了一个对外方歌功颂德的报告，把外方方案说得奇妙无比，天下无双，真是多一分太胖，少一分太瘦，恰到好处。这个拍马屁的报告讲了一个小时，然后才让我讲。

我直接用英文，真正只讲了五分钟。我说，根据我们优化计算的结果，原方案的机翼面积太大，可以减少10平方米，但展弦比太小，应该加大30%。优化的过程是用一个自动优化的计算机程序完成的，这个过程很复杂，但是你们如果有分析程序，只要计算一下两个结果，就是原方案和我们改进过的方案就可以了，比较这两个结果，你们就会信服我们的道理是对的。

我只说了这么多。没有想到参加会议的外方总工程师，一个留着白胡子的老人，听完后突然把双手向上方作V字形举起，大声说：“会议三天来，我一直在等的就是这个报告！我宣布从现在起，这个飞机方案的机翼面积减小10平方米，而展弦比加大30%！”

一直阻拦我发言的那几个人，这时正襟危坐地坐在自己位置上，仿佛停止了呼吸似的一动不动。他们接受这个结果是毫无疑问的，因为这是外国人发的话。

我们的优化程序，在与国际航空界的较量中取得了胜利，给那些满脑子崇洋媚外的国人一副清醒剂。人们值得记取在20世纪的中国航空界，曾发生过一次这样的思想交锋和技术交锋！

20分钟的学术报告不得延长

1990年9月，我收到一所航空航天大学来信，说该校将与日本联合举办第一次国际性学术讨论会，会议的工作语言是英语。日方将派一名设计过11架飞机的老设计师带队, 考虑到航空航天大学主要从事单科学术方面的研究和教学，而我是该校的兼职教授，他们想叫我准备一个报告以便与那个日本飞机设计师对阵。

我参加设计的飞机和非常规航空器的研制，品种和架数也不算很少。我便准备了一份《飞机设计中的型式选择与参数优化》的英文报告。

我在会议的前一天到达该城，主持会议的一位中方教授到我的住地来看我。我告诉他说："我准备的报告，事先念了一下，时间大约需要24分钟。"

他说："那不行，规定是20分钟，不能超过。"

我以前不认识这位教授。我后来才知道，他是从事专项领域研究的，关于飞机设计师对阵不对阵的问题他根本不关心。

第二天开会前，我在休息室见到了那位日本设计师，有80多岁了，比我大出20多岁。我与他交谈时发现他的英语并没有明显的日本口音，想必他在年轻时是到美国受过专业教育的。按时间推算，他设计的是第二次大战前的飞机，即20世纪前半叶的飞机，而我设计的都属于世纪的后半叶。

开会时，他作报告是用日文坐着讲，另由人翻译成中文。他讲的是设计那些古董飞机的概况和某些细节。对他根本没有20分钟的限制, 他讲了45分钟。看来这次会议对中方和外方报告人在时间上显然是不对等的。

然后是我讲。

我不想违背会议组织者的规矩，所以抛开讲稿，对着幻灯图像用急促的语速但清晰地大讲起来，很有点滔滔不绝的架势，力图把超出的四分钟压回去。没有想到这样一来反而造成精力充沛，胸有成竹的印象。

在参数优化部分，我讲了我长期研究的课题，当然娴熟在心，我制作的幻灯图像也把很复杂的"非线性系统的有约束优化"问题表述得很清晰。我讲完后请问有什么问题，没有问题后我一看表，正好到达规定的时间。我走下讲台，几位日本教授站起身来和我握手，表示对

作出精彩报告的祝贺。

整个这次会议，我没有看到别的报告后有人祝贺。

很多年后，我在西南一座城市参加航空技术会议，去参观他们的计算机房。陪同我们参观的工程部部长知道我的名字后，连忙说：知道知道。把我们带进计算机中心后，对迎接我们的计算机中心主任说：你知道这是谁？我一说你就知道了，我们都是读这两本书出来的。原来他们在研究生时是同学，就是用我写的书作教本。将近20年后, 我遇见一个大学副教授，他问我：这本书你那里还有没有？我们大学的那几本，多年来一直作为教材被历届研究生翻烂了。我回来后在旧书堆里再翻出几本寄给了他。

我被航空航天部选为有突出贡献的专家，并被三所国内最大的航空航天大学聘为兼职教授，即：北京航空航天大学、南京航空航天大学、和西北工业大学。

26年后，我到远方一个城市出差，遇到一位年轻力壮、精力充沛的技术领导人。他对我说：“你还认识我吗我在研究院学习期间，正是用你写的那本《计算机辅助飞机设计》作为教本的。我参加工作后还见过你。”我说：“记得记得，你和我谈过。现在你做什么工作？”他告诉我他现在担任了重要的技术职务。听说他走上了可以充分发挥能力的，我很为他高兴。他说：“你那本书中许多方法现在普遍在用。其中有些内容，这么多年来其他的飞机设计书籍中都还没有。我建议你整理整理那一书稿，再重印……”

与国际航空界的交往

20世纪70年代末期，四人帮的极左统治宣告崩溃，中国由孤立封闭走向改革开放的进程，我国飞机设计师进入和世界航空界人士面对面的舞台。

1978年10月，美国一家著名飞机公司首先派出第一个航空工业代表团来中国，在北京举行与中国航空界的“技术交流”。中国各航空单位派人参加。我是上海飞机研究所派出的人员之一。美方感觉到了中方对谈技术的兴趣，很快在1979年3 月又派出一个包容了很多技术专家的代表团来中国，进行一次规模空前的技术交流。

我从大学毕业后已经28年不讲英语。但是我一直对国际航空技术的进行追踪，主要是阅读英文资料，所以对英语还保留了一点“语

感”。

在北京举行的美方技术讲座，中方配备了专职航空技术译员在会场作口语翻译。但这些译员对航空技术缺乏了解，翻译中经常卡壳。比如飞机在着陆时在接近跑道时要“拉平”飞机，这个词也可以作“照明弹”讲，在当时我国的技术词典里只有后一个意思。译员讲到飞机飞临跑道端头时，怎么也弄不懂和照明弹有什么关系。坐在听众席中的我，因为常看外文资料，知道这个字在字典以外的意思，只好替他讲出来。

到后来，整个代表团包括不同技术门类的专家讲课，变成全由我担任口头翻译。在即席讲英语时，我凭对外语残留的一点“感觉”居然还算流利，使我自己也觉得意外。

宴会时，美国的首席试飞员正好坐在我的身边。他注意到每当他讲“拉平”时我都要纠正译员的译法，便问我那位先生把“拉平”译成了什么。我说，他译成了“亮光一闪”。这个美国试飞专家说：“啊呀，飞机下降，越来越低，接近跑道，然后，亮光一闪！呼！”他两手一摊，翻起白眼看天花板，一副登上天堂的模样。

在我国航空工业接踵而来的一系列对外交往中，我的英语能力接连着派上了用场。1979年5月，我国第一次派一个航空技术考察团到美国，团员一共十人，都是中国的高层科技人员，我是其中之一。

我到北京集中时，遇见西北一个研究所的总工程师，他在二十几年前在沈阳时曾和我在“第一飞机设计室”共同工作过。在清华大学他比我低三班，算是我的师弟。而他的姐姐，在清华文学院与佳眉同班，并且曾与佳眉同宿舍，她们俩毕业后仍是多年来往的密友。这两姐弟我在大学期间就都认识，但工作地点不同，已有很久不曾相会了。这位师弟告诉我，佳眉最近动了手术，正在休养期间，是一种可能有凶险后果的病。我和佳眉分手后已经23年没有联系，他建议我去看望她一次，他愿意陪同前往。他们姐弟是知道我在航空工业领域情况和佳眉在她的领域情况的唯一媒介。听到佳眉的近况我很吃惊。我想，作为老同学，探望病人是理所应当的。

于是我在师弟的陪同下去了佳眉的住处。她从长驻欧洲回国之后，这些年来果然如愿一直留在北京工作。她手术后情况尚好。特别令我惊奇的是，岁月似乎并没有在她身上留下明显的变化，她在很多地方令人难以置信地仍然保持着飞赴欧洲前向我告别、互约三年后在北京再相会时的神态。

我们互谈了一点别后情况。时间有限，只能谈得很简略。佳眉说，她已经很久不弹琴，当时的工薪阶层无力购置钢琴。偶然有机会弹一下，发现技术退化，已经只能弹《给爱丽丝》或《少女的祈祷》之类很大众化的小品了。我则告诉她说，多年来我在工厂倒有很多演奏小提琴的机会，用的就是那把从维也纳送回的旧琴，我的提琴技艺比起大学时反而有些长进。她问那把琴的音质如何，我说不上，只不过一直在用。然后她告诉我，她的英文水平是大家原来公认的，但是她的法文发音后来被认为纯净到了某种标准。我也谈了自己的感觉，我虽然职业是在工程设计岗位上，但从内心的兴趣和能力的倾向性来说，我觉得更爱好理论性的研究，更接近“理”而不是“工”。我也谈到在报纸上读到过她公开发表的几篇宏文，对文笔之优雅雄劲表示欣赏。至于我自己的工作，出于航空技术的保密性，我却不可能谈什么。

这样，我们平静而友好发交换了一些生活近况，谈了一些音乐和爱好、对本身能力的自我评价等等，仿佛随意交谈，但是感到特别容易沟通，大概在为都很用心在谈和听。然后互道珍重，告别而去。后来我听说，我们从美国回到国内后，在北京稍事停留并从事总结期间，她曾打听到我在北京的住所，以养病之身特地到我们居住的招待所去，作为我去看望她的回访。但我已经离开北京，没有遇到。

这次相遇之后，我们又隔了15年才再度联系。

航空工业派往美国的首次考察团飞离北京那一天正是我50岁生日。当飞机高高地飞翔在太平洋上空的时候，我坐在靠窗的座位上，把额头抵在窗框上极力向最接近垂直的下方看，这样才能看到最近的洋面。可以看到远远的下方大洋上泛着粼粼的浪纹。我想，实际在洋面上可能正是滔天大浪吧。

我看到一只像小甲虫一样的深色物件在浪中飘浮，那定是一艘远洋巨轮正在破浪前进。我不禁想起我的父辈们当年“出洋”的时候，需要在无边的大海中漂流好几个星期，而现在我乘在大型喷气客机上跨越这样大的地理的、心理的、人文和历史的跨度，只是在日历上的“当天”便可以飞抵大洋彼岸的美国，航空技术的发展真是20世纪内最令人惊叹的事件之一。

我曾在一本国外航空杂志上看到过一幅插图。图中有三幅美国地图，绘着自30年代起每隔20年美国国内的航空运输航线。1930年，在这块矩形疆域内还只有孤零零几条航线，到了1950年，便已结成了网。1970年，整个美国几乎被密集的航线覆盖，已经是黑压压一一片辩不清细节了。我国开始建立航空运输是在1929年，比美国建立航线

的1926年只晚3年，在世纪的尺度上几乎可以说是同时。但是在20世纪70年代，我国民用航空的运输量大约只占美国的百分之一。密布全球的航线网络当时在中国上空突出地露出一个稀疏的空当。这岂不是需要现代意义下的一种“女娲补天”吗？

我刚参与研制的“运10”飞机，已经不是只在微风中扑腾的小鸟，而属于这种重超百吨的钢铁和智慧的结晶，是能够遨游世界俯瞰地球的鲲鹏。想到这里，内心不禁涌上一份为我们国家民族感到的自豪。

由于飞过太平洋上的日期分界线后要倒回去一天，所以那一年我过了两个生日。当我在美国朋友面前说起这件事的时候，我们考察团满头白发的团长说了一句：“所以你今年应该做两年的工作。”美国人听了都笑起来，说这真是一位好团长。

航空工业这次访美代表团的团员，从理论上说都有英语能力，为此代表团不配备译员。但是在美国第一次外国人讲完话之后，我环顾一下众团员，问“都听懂了吧？”不料众人回答说：“你还是用中文说一遍吧。”于是以后整个考察期间的交流，我就变成了双方交流的中介。回国以后，我成为当时航空工业选派出国人员英语口语能力鉴定的“主考官”。

外国的飞机设计师们是什么样的？有人会认为：这肯定是一群精通计算，满脑子流体固体规律的古板的人们。当然，他们必须精通专业技术。但是根据我的接触，觉得其中不乏知识渊博、兴趣广泛，有的还很具情趣。我与他们除了技术上的交流沟通之外，还因共同的喜好而结识了一些个人朋友。

比如洛克希德公司负责“L—-1011”喷气式旅客机设计的总设计师弗利斯比，这种飞机上奇特外形的尾鳍是他提出来的，因此这个部件的名称就叫“弗利斯比”。他和我一样多年拉小提琴，达到了相当的程度。我和他谈小提琴很投缘。

美国洛克希德乔治亚分公司是一个专研制生产大型运输机的公司。它的总工程师柯尼希，是一个执着的“飞行迷”，经常乘坐小型飞机去参加美国每年的“飞行大会”。他是航空技术博士，此外还进修了心理学硕士。我告诉他这也是我有兴趣的领域，发表过文章也出版过专著。他非常高兴遇见一个兴趣相投的人，送给我一份他的硕士论文的复印件：《论灵感勃发的七个阶段》。

美国麦道公司的副总裁（兼工程部主任）杜彼尔，是MD系列喷气旅客机的技术负责人。他访华时我会见了他，接待他参观过“运

10”飞机，他对中国研制出“运10”的评价很高。

我访美期间到了麦道公司，被他请到他的家中接待。在闲谈中，他很骄傲地向我出示他设计的“第一架飞机”的照片。这是他9岁时在家里的后院里，用几条跷跷板似的木板搭成的一架小飞机，幼年的他戴着一顶带风镜的“航空帽”神气活现地坐在上面。

有些用“先进技术”思想武装起来人，总是津津乐道世界上什么装备最先进。如果他们看到这张照片，难免不会觉得炫耀这样原始的制作太过于“寒碜”。但是杜彼尔自幼对航空的向往和积极的投入，正是他的骄傲。这一点正如我幼时向往与鹰同翔的愿望有所共鸣。在我们第一次访美时，杜彼尔刚访问过中国，在中国拍了许多风景幻灯片，在一个大礼堂向全体美国技术人员放映，并邀请中国代表团共同观看。杜彼尔亲自手握话筒站在台上担任讲解。幻灯片放映毕，他忽然宣布：“现在请我的朋友，中国的程教授向大家讲话。”

好一个突然袭击！在此以前，我还没有当着这么多人用英语讲过话。不得已登台接过话筒对大众宣讲了一番，随想随讲，真是赶鸭子上架，总算还讲得顺畅。我讲完对杜彼尔说：你应该早些告诉我，我也好作些准备。不料他说：我就是要这个效果，你听全场的掌声！我下台来回到坐位，邻近几排美国技术人员都起立和我握手，仿佛我刚作完了一个出色的竞选演说似的。

在我访问欧洲期间，德国飞机设计师荷曼对我明确地说：“我是一个通才（Generalist），而不是专家(Specialist)。”用我们通常的眼光，会觉得他这是自谦。但是他一点也没有这个意思。他认为具体问题可以由“专家”去处理，他负责处理“通才”一级的问题。比如当时他正从几十种新技术中挑选出打算用于下一个新飞机型号有价值的15种技术。此外，他在德国汉堡业余交响乐团中拉小提琴。他十分兴奋地向我讲术他参加每周一次全团排练是多么大的艺术享受。

我与德国飞机设计师扎布博士共同工作之余，闲谈中问他有什么业余兴趣，他回答说：“哲学”。这个回答使我瞠目结舌。因为当时哲学在中国还被认为很深奥神圣，甚至带有禁区性质，是常人不敢问津的。但回过头来一想，我当时日益热衷的“系统工程方法论”、“工程哲学”等等，其实就是哲学范畴，不过出于多年来养成的敬畏，我在写文章时有意回避“哲学”这个词罢了。他知道我也有共同兴趣之后，送给我一本他推荐认为很有见解的哲学著作。

作为飞机设计师而关心心理学、创造学、哲学，也许有人认为“不务正业”，离专业太远。其实引申来看，工程技术与这些学科最

终都是相通的。我在一篇“论飞机总体设计人员的素质培养”的论文中指出，这些应该是新的飞机设计人员必备的一些知识储备。

我在美国会见过美国首次登月的宇航员阿姆斯特朗。他从宇航岗位退休之后担任了美国一家飞机公司的副总裁。阿姆斯特朗这个名字的意思是“手臂强壮”，但他身形并不像个铁打的壮汉，态度很随和幽默。在和他谈话中，我告诉他在中国古老的传说中，月亮上有一位美丽的女士（嫦娥），还有一只兔子。后来他在正式致辞中就用上了这个典故，他说他在月亮上看到了中国的长城，但是没有遇见那位美丽的女士和兔子，引起大家愉快的笑声，气氛很轻松。后来我才知道，最早大约在20世纪初，美国历史学家亨德里克.房龙在他的书中推测“在月球上可以看到长城”。以后人们普遍接受这种说法，成为一种习惯。但后人对此说是否确实提出了疑问。阿姆斯特朗当时也许是沿袭这个习惯而这样说的。

在国内，我接待过美国著名飞行动力学家帕金斯，我在大学时就读过他的著作。我还负责接待过美国工程院院长帕里斯宾霍夫，他应算得是航空颤震学的奠基人。我们谈论航空技术以及旅行观感。他说起他在北京游览过长城。他认为长城主要用来挡住入侵者的马，而不能挡人，问我是不是这样。我说这种说法不可信，因为如果人进来了，打开城门马便可以进来。他对我的反驳很感意外，不服气地喃喃辩解说：“他们没有开门的钥匙……”饭后，他和夫人邀请我一同到屋顶观看上海的夜景。

我认为在外国人面前用不着胆怯。我从幼年起就听到大人们谈论托尔斯泰和屠格涅夫，我自己在中学起就读过许多世界名著。高中我欣赏过不少世界古典名剧，我自己就演出过果哥里的“钦差大臣”。更不用说解放后看了大量苏联的文学和电影作品，演奏过世界著名作曲家的曲子。我对世界文化并不陌生。更何况，在交流中我没有语言障碍，我能说你使用的语言，照样字正腔园。

我踩过加利福利亚的太平洋沙滩，捡回过波罗的海岸边的石子，我在美国的博物馆里触摸过从月亮上取回的石块，还用脚走穿过旧金山的金门大桥。我用不着因孤陋寡闻而表现出病态的孱弱。

有些专攻技术的人，自认为中国技术不如外国，对外的联系时在姿态上就蒙上畏缩的阴影，结果打交道总是吃亏，还认为本来应该如此。

我觉得即便和外国同行谈技术，首先不能自认为低人一等。外国的成就我可以赞扬，你们的挫折我也知道，你们在技术上尚存的疑问

我可以和你一同讨论。我们也有我们的实践，有我们的体会，成就也是客观摆在那里的。我真不懂的东西我可以学，你也是在学。当然我用不着趾高气扬，可以对你保持必要的礼貌，但不会躬着腰缩着膀子侍候你。用这种平等的心态，反而会博得外人的尊敬。

十三、 从太阳岛飞向世界

我永远不会忘记在1985年4月2日这一天，我乘坐在“运12”飞机在哈尔滨松花江太阳岛上空盘旋时的感觉。30多年前我来此进行哈尔滨飞机工厂建厂设计时曾在太阳岛上游过泳。后来东方歌舞团的女歌星郑绪岚唱一支轻歌“太阳岛上”风靡全国，使太阳岛变成神州大地尽人皆知，为此哈尔滨市授予歌星荣誉市民的称号。当我乘坐在飞机上从空中鸟瞰这座美丽的小岛，旧地重游，而这“运12”新飞机是我参与研制的。从舷窗望出去，清楚看到岛上各处游人点点，彩旗与游人的各色服装鲜艳，真是别有一番喜悦在心头。

“运12”是一架双发，涡桨推进，可以乘坐19人的漂亮的通勤飞机，多用途通用飞机，在民用运输及空中作业上都有广泛的用途。它飞得并不很高，不用气密客舱，飞得比一般航空客机慢一半左右，所以不用后掠机翼。可以乘坐19名乘客，这是轻型飞机的最大限额。但仍属于通用类飞的技术范畴。再大一点，就要用大型客机的标准来要求了。与地面的车辆相比，如果说“运10”是一种豪华客车，裁客量约为“运12”的十倍，以雄伟大气取胜，那么“运12”就是一种空中面包车，具有小巧精致的特点。它在日常航空活动中有很广泛的使用范围， 如在中短航程进行一些少量人员我货物的运输，也可以轻过改装用于空中探测、气象及农业飞行等多种飞行服务。

当时“运12”正处在试飞的最后阶段，很快将要通过适航审定，而我是审定技术组的组长。

说起来，在新中国的航空设计史上，军用飞机和民用飞机曾经是比翼齐飞的。

当新中国开始设计自己的第一架飞机“歼教1”喷气式军用飞机，不久一所航空学院开始设计一架小型民用运输机，这是一种双发的螺旋桨式飞机。一架喷气式、一架螺旋桨式、一架军用、一架民用，几乎平行地进行着研制。但喷气式的“歼教1”在1958年9月26日先飞上了天空，开创了新中国飞机设计事业的纪元。

1982年，国家决定采用进口的涡轮螺桨型发动机，在哈尔滨飞机工厂研制“运12”多用途飞机。航空管理部门规定，“运12”的研制必须遵照国际通行的“适航标准”，并从全国航空界委任了51名“适航代

表”组成“适航技术审查组”，由我担任组长。

适航标准是怎么回事？原来，民用飞机要在社会上载运广大群众飞行，并不是单纯根据技术需要把它设计成能飞就完事了，而应该达到民用飞机在实际使用中积累的安全标准，其中包括一些事故教训中总结出的注意事项。

这些经验汇集了300多条关于安全的标准，其中有在设计上明显重要的问题，如结构强度的安全系数应取多少；另一方面，也包括一些很细节，在过去飞行中证明有用的具体经验，如油箱的加油口盖或附近的结构上应该标明飞机可用的燃油的牌号——这显然为了避免误加入不可用燃油所造成的事故。还有圆形圆形仪表上的刻度如果刻在仪表玻璃上，那么表玻璃应该在圆形圆形上有缺口，使仪表检修后重新安装玻璃时仍能保证表玻璃的位置正确。等等。

不论意义重大或细节具体，尽管技术上的复杂性和难度不一样，但在安全上都属于同一级，即都属于由国家来控制的最高级。不达到这些要求，国家就不发给民用飞机的“适航证”，飞机就不能正式进入销售或运营的市场

“运12”适航审定，是我国第一次按国际承认的适航标准设计飞机。如何理解适航标准的规定，如何使设计在技术上达到标准，工作如何组织，如何进行，都需要摸索。这是我国20世纪内有开创性意义的一项民机型号研制工程。

“运12”研制后期，适航审定工作由航空工业部转由中国民航总局负责。中国民航总局发文承认原航空工业部任命的适航审定技术组继续工作，我作为技术组长被吸收进入由民航总局牵头的“适航审定委员会”。

两种不同的概念

“运12”的适航审定工作，初期曾由北京“航空规范标准研究所”的总工程师负责，全国许多有关单位派人参加。我是上海派去的人员之一。

在此前的大型喷气运输机“运10”的设计中，我已经介入欧美“适航标准”的翻译和诠释工作十几年，所以形成了一套完整的认识。

我认为国内引进“适航标准”的概念，不应该在原来从苏联学来的那套概念上修修补补，而是需要采用全新的概念和方法。我觉得欧美

的要求比较针对客观，更加注重系统的“输出”，是一种“目标管理”；而我们原来习惯的一套苏式思维，则比较强调主观上的做法，偏向“过程管理”。拿对巡夜打更人的要求来打个比方，欧美要求此人应该防止夜间的盗窃行为，这是目标。而过程管理则仅要求打更人每隔多少时间巡查一次。至于巡查了仍然发生盗窃会怎么样，那就管不着了。我觉得欧美的管理对人员的要求更高，管理的效能更突出，而苏式更易于对一般素质的人群普及，但容易陷于繁琐，追求枝微末节而模糊了最终的效能。

在适航标准上这两种概念强烈分歧。每遇这种问题我总是据理力争。主持讨论的规范所总工程师，在很多问题上都同意我的看法。但是在个别问题上，我觉得他比我更迁就一些原来的传统。

比如说，参加讨论的有一位从事“自由飞模型试验”的专家。我国当时几乎所有的新飞机研制都经过自由飞模型试验这一关。但是我指出：适航标准并没有要求每种新飞机必须通过模型试验，而是最后通过试飞检验飞机本身。这是最终的目标。至于总设计师为了更有把握地使飞机通过飞行考验，是事先做模型试验还是经过分析计算来增强有关人员的信心，那是总设计师的事情，国家颁发的适航标准对此并不作规定。

可是参加讨论的模型试验专家，认为把他负责的试验列为国家规定的项目将对他的工作有很大的推动作用。争论最后提至规范所总工程师裁决的时候，他考虑到事实上我国研制的新飞机都做过这样的试验，把这种试验列为“必做”不会发生什么错误，便对那位试验专家妥协了。对此，我内心颇不满意，认为这位总工程师不够坚持技术原则。（以后我国正式颁布的适航标准取消了这种多余的“必试”规定。）

不久，这位总工程师在北京调任工作，不再担任适航标准审定任务。民用飞机局的主管官员询问他的意见说：由谁来接替这项工作为好？规范所的总工程师虽然与我在个别问题上发生过争执，但据说这时明确无误地提出我的名字。民机局的主管官员说，那怎么可以，他在上海工作，怎么把他弄来负责这件事？你再提一个在北京机关工作的候选人。你们规范研究所里有没有合适的人选？那位即将离任升迁的总工程师说，没有了，别的人我提不出，要我提我就提他，别人我看不行。

这样，我在自己一无所知中被推上了前台。航空部与民航总局联合任命我为技术总负责。于是我在“运12”研制的初期，走上了对该机适航审定的岗位。

这是技术抠门吗？

参加这项任务有来自全国许多单位的人员，还要面对哈尔滨的设计人员，我从未与他们共同工作过，我能使他们按我的意图行事吗？工作中还会遇到一些高职位的人，他们惯于发号施令、颐指气使，我会无意中冒犯他们、闯进凶险四伏的地雷阵吗？我能按期完成审定工作，在质量上使成果的品味不降档吗？

从1982年2月到1988年8月，一共六年半的时间，我在上海与哈尔滨之间穿梭。这项工作在国内是首次进行，没有人知道应该怎么干。因此我不需要向任何人请示，也不用征求别人意见看每件事应该如何办，而是根据我对规范的了解，针对“运12”的实际情况，作出我自己的判断。我的意见就是最后意见。处理问题时除了对技术的熟悉和对规定条文的理解之外，实质上更多需要的是一种领悟，一种来自飞机设计的经验，从这些出发才能得到洞察力。

当然，如果我的意见很“离谱”而极不合理时，工厂可能会“上诉”要求重新再定，但整个审定过程中没有出现这种情况。

一位当时的青年技术人员，后来在哈尔滨飞机工厂担任了总工程师。他几年后告诉我说，在我第一次到哈尔滨参加审定以前，“运12”的总设计师卢开仁召集全体技术人员会议，在会上曾经宣告说：我告诉你们，某某人要来了。这是一个技术上非常严格的人，抠起门来可不得了，谁也别想轻易过关。你们可都得小心啦！

卢开仁和我在50年代中可能见过面，但并没有一起工作过，我不知道他怎么对我会有“技术非常抠门”的印象。因此我到了该厂之后，很多年轻技术人员互相小声地问，哪一个是那个抠门的人？甚至对我产生了一种畏惧心理。我这时50多岁，头发大部分白了。人们在背后遥远地指点说：“那个白头发的是。”

在技术行业里，“技术抠门”通常指有一定专业水平，但单方面无限要求、思维非常不开通、古板而片面、专认死理的人。这位总工程师对我说，根据以后在“运12”型号工作中与我相处数年的体验，他感到我完全不属于这类人，而是该严格的地方严格，该放松的地方放松，掌握得很有分寸，他对此十分佩服云。

听他这样一讲，我不禁回顾在“运12”适航审定中我究竟对一些什么事情表示过意见。

我每次到哈尔滨，不论在大会小会上，在平日交换意见中，在填

写审定表格时，或者我告诉人们如何填写审定意见中，我一直在作决定：哪些事该做、哪些事不该做、该做的应如何做、做到什么程度等等。每作一个决定，都是对我的一次考试。其中大约85%是纯技术性的，15%与人的不同意见有关。今天我回想起来，印象较深的是在“目标管理”和“过程管理”上处理分歧。

比如适航标准中有一条，规定发动机上某一种附件，如果没有和发动机一同通过适航审定，则在飞机审定时要做振动试验。从北京权威机关来的一位代表，他的专业背景就是专攻振动的博士，这个问题简直“撞到他的枪口上”。他主张无论如何应该做这项振动试验。由于他代表着权威机关，所以他的发言具有很大分量。

对这个问题我的裁决是：“运12”的发动机是向国外采购的一种成熟的发动机。工厂应立即发电报向供货方询问，发动机适航时是否包括了该附件在内。结果收到发动机供货方正式回电，通知说该附件与发动机已经同时通过适航审定，在飞机的适航审定中不需要再对该附件作振动试验。

即便有了这样明确的答复，振动专家还是从专业兴趣出发，认为应该要求工厂再进行振动试验。对这样的问题，我主持联合大会时，要求工厂出示国外来电。工厂人员将该电文送到主席台，我即席用英文宣读了来电，并翻译了来电的含义。

这个问题的实质是：博士关心的是试验的过程，我要求的是通过适航审定的目标。现在目标已经达到了，就没有必要再要求过程。我宣布不需要再做振动试验。

另一个问题，是北京来的一位女技术人员提出的。她的技术经历并不显赫，在会议上发言也没有表现出很高明的见解，只是老老实实按照规定来检查设计图纸。但是她发现按适航标准规定，本应完全独立的两个电路系统，在“运12”上大部分地方都互相分离，但在总开关上却是相连的。她认为，在总开关上相连，就不再是完全独立的两个系统，这点不符合标准，应该纠正。

工厂资深的设计人员看不起她的资历，对她来审查图纸本有抵触，而她居然提出要求工厂改正某些设计。于是工厂发动很多人来说服我，再三辩解说：这样的修改是不必要的。还动员一位从北京来的人员向我私下说情，拖长了声音说：这个问题就不必改了……

我看出来了，如果作了修改，唯一的损失是一些资深设计员的“面子”，他们的设计缺陷被一个小姑娘看出来了。我可不愿意陷入

无原则的争执，只要问题提得对就应该考虑。但是，在当时的中国，要做到起码的实事求是，有时却需要极大的魄力和坚持才能做到。我要求的是独立电路系统的目标。这个问题是谁提出的不过是过程中的一个细节。我决不能因为过程而放弃目标。

遇到这样强大的抵触，我向他们大声争辩说：“你们没有一个人回答一个问题，即：如果按意见修改了设计，将损失什么？如果损失很大，得不偿失，自然需要权衡利弊，但是

如果没有损失，又很容易实现的改进，你们为什么要坚决拒绝？”

工厂的电气系统设计人员，还在寻找根据来证明自己的设计无误。在下一次大会开会以前，这部分的负责人走到主席位置上我的身边，悄声通告我说：他们决定对开关处的连接采取电路分开的措施，因为他们查了好几架外国飞机，发现国外飞机的线路在开关处果然是分开的。

他无非表示他们决定遵照国外飞机的先例，而不是根据审查组个别成员的意见。在会前通知我是为了避免我在会上明确地作出裁决。但是他们同意修改就很好，我便没有再说什么。

在开展一项新工作时，有时需要顶住压力，才能克服因循守旧的传统习惯。1983年12月，航空管理机关通知在山东泰安召开一次适航审定会。会议上工厂的代表提出：他们为“运12”符合适航标准已经做了不少工作，但是对其中五项规定有困难。他们希望适航审定小组宣布这五项标准对“运12”按“豁免”处理，放工厂一把。他们事先大概征得了有关部门的默许。但我了解了一下这五项的情况后，在会上说：并不是技术标准达不到，而是你们过去没有做过这方面的工作嘛！按适航标准来审定，意图就是扩大我国民用飞机型号设计的工作范围，提升安全度。这些工作你们还没有做，怎么就要求不做呢？

我说：泰安会场外不远就是孔庙。孟子说过：“非不能也，是不为也。”你们要求“豁免” 这些条款，是不为也，非不能也。

结果泰安会议对适航标准一条也没有放松。

过了一段时间，从哈尔滨特地派来一位技术负责人飞到上海，到我的办公室对我说，“运12”上有一段通过某一地区的电缆，规定应该能够承受高温三分钟。国内没有这样的电缆，工厂便将普通电缆包上一层防火层，放到高温火焰中去烧。但还没有到规定时间就烧透了。

这一条是否可以“豁免”，特地来征询我的意见。

我对他说：适航标准只规定了应承受的温度和时间，并没有规定你包复的层数。如果你包上防火层仍然没有达到要求，就再增加一层。哪怕你包裹成一大团，也不违反规定。但是如果你承受的温度和时间不够，那可是国家的安全标准管着的。这种安全标准，谁也没有权利随便放松。你们把成功的烧灼试验过程用录像纪录下来，将来在审定这一条时放映给代表看，就是通过这一条的根据。这位技术人员听后连连点头说：“我听明白了。”说完当即返回哈尔滨。

以后，“运12”的这个环节圆满达到了标准。

“运12”进入试飞之后，我到哈尔滨了解试飞情况。得知飞机在试飞中发现动态特性不能满足标准的要求，另外驾驶杆的纵向杆力也超过了标准。我说，按我的理解，适航标准并不是要求设计出一架飞机以后，按图纸试制出来，便在每一条上都满足了标准要求。适航标准并不要求“一次成功”的概念，而是要求如果有不符合标准的地方，便要修改设计，直到飞机的实际表现达到标准为止。因此，一个好的设计师应该像一个有经验的老医生一样，知道什么病该用什么药来治，并且对用药的剂量有良好的感觉。否则就需要多次调整剂量来逼近。

我说，比如现在飞机的动态特性问题，应该调整机翼的上反角，一般一度左右就解决了。而纵向杆力问题，则需要调整升降舵的补偿面积。如果一时无法确定需要调整的量，则第一次可以多调整一些，使效果一下跳到对面，下一次取中间值，这样可以较快地逼近真正需要的解。

“运12”调整了上反角和和升降舵补偿面积之后（前者一次到位，后者共调整了两次），问题得到了完满解决。我再到哈尔滨时，正逢该厂邀请美国资深的试飞员底斯来作试飞鉴定。底斯8年前第一次访华在北京作技术交流的时候，是由我给他的讲课作翻译。这次他很高兴再次遇见我，要求我给他在大会上的鉴定发言做翻译。底斯在他的鉴定发言中高度评价“运12”，说是他近年来飞过的在空中表现得最好的一架通用飞机。

以后在哈尔滨进行对“运12”的最后审查。航空工业部和中国民航总局都派了重要的技术干部来参加。他们连续几天参加我们的会议，亲眼看到我们对每一个问题是如何讨论和如何决定的。我们的会议与过去航空部门很多会议有很大不同，就是我们并不偏重“务虚”，并不是以协调各方面的“意图”为主要任务，而是“务实”具体落实适航标准每一条技术要求。

比如说，适航审定主要是针对机型的设计特点，而过去航空工厂制造的飞机大多是外国设计的，因此国内技术工作偏重于“工艺”，上级对工厂的技术审查也主要审查工艺。这样，工厂对“运12”的适航审定报告写了好几段对工艺的描述。我说，适航审定不是审查工艺，这几段都拿掉。管理机关有一些人原来只懂工艺，他们习惯老一套工作方法，这是第一次遇到适航审定。如果把工艺部分都拿掉他们便白来了，便向我讲好话，说：我们把其它讲工艺的部分都拿掉，只留一句话你看怎么样？就说工艺也很有成果。我说，我们的任务根本没有涉及这个问题，是否有成果我们不予评价。再说，工艺不论多有成果，设计通不过，就拿不到适航证，这个概念一定要明确。这样，便连这一句也拿掉了。

当时的管理机关，很强调“工作总结”。会上，民机局来的一位主管官员，要求工厂写一份报告，回顾一下任务的全过程。

我作为会议主持者，说：“管理机关要求工作总结，工厂的领导今天都在场，可以写一个总结报给管理部门。但是适航审定不要求工作总结。我们只要求对315条规定满足情况的逐项报告。如果315项都完成了，“运12”便通过了适航审定。如果有一些项目没有完成，那么不论你们斗志如何高昂，精神如何饱满，心得体会如何丰富，没有功劳也有苦劳或者疲劳，但是“运12”还是不能通过审定。” 我这样说，因为工作总结仅是过程陈述，而逐项报告是达到目标的情况。

最后，“运12”对全部315项适航要求，只有一项作了保留，就是“全机搭铁”的要求。“运12”的机体全部都是搭铁的，只有无线电天线例外，因为天线一搭铁就收不到信号了。但欧美已经有了可以搭铁的天线，在通过机体上的静电时是接通的，而在接收高频无线电信号时则是不通的。这样可以减轻某些气象条件下的静电干扰。我国一时还没有研制出这样的天线。

对于这一条，我作出决定说：鉴于我国所有的苏制飞机，包括从苏联进口的和我国仿制生产的，总起来已经飞行了几十万个小时，天线都是不搭铁的，也没有因此发生严重的安全事故。为此，“运12”一方面加紧寻找可搭铁的天线供应来源，另方面同意前五架用不搭铁的天线暂时出厂，以后再更换。前五架天线不搭铁引起的安全风险，由适航审查委员会承担。

这个决定，得到了委员会包括民航总局代表的一致同意。

民航总局的人员提前来参加了我们的会议，了解我们一贯解决问题的思路和实事求是的态度，自然认可由他们和航空部联合任命的这

个审查小组的成果。如果像过去一样谁也不肯做具体工作，开会只是坐在那里维护自己的利益和观点，把责任推给对方的“扯皮”，就会谈不到一起去。

最后，“运12”的适航审定结论在会上顺利通过。除了天线没有搭铁这一小点保留外全都合格，这样优良的成绩出乎很多人的意外。一位来自管理机关的官员，一直观察着现场工作的进行情况，会后他走过来对我说：他在工厂和机关长期工作中接触过不少人，很少看到表现出很出色能力的，这回服了。航空部的质量司官员说，不但“运12”这个机型通过了适航，而且以后的飞机如何适航审定也开辟出了一条路。

民机局主管此事的官员，会后特地到招待所我住的房间来，对我说：“没有想到这次这样顺利。民航总局过去总是和我们唱反调的，这次却同意了我们所有的结论，甚至还帮我们讲话。这完全是技术工作做到了实处，建立了威信缘故。”

飞向全世界

会议后，我们到机场去看了试飞中的“运12”飞机。这架飞机外形挺漂亮，经过几年对它技术问题的介入，我对它的技术性能也有了了解和信任，产生了一种亲切感。

工厂招待我乘上试飞的飞机，专门进行一次空中游览。飞机从飞机工厂所在的哈尔滨平房机场起飞，飞越哈尔滨郊区起伏的丘陵，到达市内松花江中的太阳岛上空，低空盘旋之后，再返回平房机场。

“运12”不仅机型本身成功，还是我国第一架通过适航标准审定的民用飞机而提高了意义。为此，“运12”的研制，1989年获得了国家科技进步一等奖。这是哈尔滨飞机工厂真诚地愿意按照国际先进要求来改造其自身的原有企业文化，经过长年持续工作取得的成绩，“运12”是该厂的荣誉产品。我得以名列型号获奖的“主要贡献者”中。

以后，这种机型还获得了英国和美国颁发的适航证，成为我国第一架获得国际适航证的飞机。“运12”源源推出工厂的总装线，真是“一行白鹭上青天”，从太阳岛飞向了世界。到20世纪末，已经出口14个国家。

我所在的上海飞机研究所，被中国民航总局委任为中国第一部适航标准的起草单位。我作为主要技术负责人之一，在有了初步草稿之后，特地在远离日常办公的地方找一间会议室，集中一个月对草案进

行了逐条讨论，从条目的内容，表述和措辞都认真做了推敲，对不同意见进行了裁决。

1985年10月，中国民航总局召集国内航空专家和教授在杭州召开会议，对我们的草案进行审定。会议的组织者为全体大会安排了一个总报告，本来应该向各地来的专家讲解适航标准起草的总精神，但报告者讲的却不过是中英文名词对照，使人觉得仿佛参加一次英语教师的交流会议。

大会以后是分组讨论。我参加第一组“总体组”。在讨论之前，我先代表起草方对起草的总思路作一发言。我从口袋掏出一个小本子站起来，对着提纲说了我对适航标准的认识：“适航标准十个是什么和十个不是什么。”

我认为人们在接触一种新概念的时候，总是不自觉地和自己头脑中已有的概念相比较。那么适航标准究竟是什么概念？它在十个方面与我们熟悉的概念有共同处，但在十个方面又不是我们已有认识的那种含义。这“十个是什么”和“十个不是什么”，从正反两面规定了适航标准的确切内涵。

参加我这一组会议的专家中，有一位远道来的著名航空学教授。他听了我的发言后，在会议的领导小组讨论时极力推荐说，这个报告讲解的概念很全面，有很大的启发作用，应该在全体大会讲一次。会议领导小组特地安排了一次全体大会，叫我再作一次专题发言。

会后，我把发言整理了一下，寄一家刊物，篇名就叫“适航标准是什么和不是什么”。这篇文章1986年发表后引起民用航空界很大重视，航空工业部质量司的领导见到我时，特地对我说：“我们都细读过你这篇文章！”后来中国民航总局创办一个关于适航技术的刊物，要求转载此文。直至5年之后，发表这篇文章的刊物主编还来信要求我写出“续编”，1991刊出续编时，刊物在“编者按”中特地提到1986年刊出此文“前篇”所引起的广泛关注。

我在大学时的朋友佳眉，这些年来一直关心着我的动态，她从报上全国人大代表名单中看到了我的名字。1991年4月，当我赴京参加人大的会议时，她找到上海代表团的驻地，实现了11年前她错过了的对我的回访。

这一次，她约我当春暖花开时，从上海到北京来参加清华大学80周年的校庆活动，也是我们离校40周年。她说，当年在音乐室活动的许多同学都相约回校见面，重温一下在校的时光。

我说，谢了，我可能来不了。手头的工作不少，我怕抽不出时间。

后来，我看了这次校庆的音乐活录像。果然不少当年一同活动的同学们相聚在清华音乐室。一位女同学（现在当然年纪相当大了）演唱了一曲怀旧的英文歌，就是施特劳斯那首著名的“当我们年轻时，五月的一个美丽的清晨，你曾告诉我你爱我，那是我们年轻的时候……”她那曼声歌唱的劲头，真使人不胜伤感。我看录像时对自己说，可别落入儿女情长的心境里。

录像中接着记录了佳眉的钢琴独奏，奏的是当年我们的音乐老师张肖虎教授谱写的曲子，是用钢琴技巧表现的我国古曲《阳关三叠》。张教授调动了西方作曲的织体音形，在“大珠小珠落玉盘”的激情回荡中，衬托出悠远苍劲的告别离愁：“劝君更进一杯酒，西出阳关无故人……”录像看到这里，我暗自庆幸我那次不在场，否则这种情境和音乐的联合冲击，会使人在心灵上很难承受的。

十四、 爱好者们的热心建议

50年前的一天，在我面前的办公桌上摆着一个密封的大牛皮纸信封。我打开来，里面有一张折叠的大图纸和技术说明，还有一封热情洋溢的信。摊开图纸来一看，是一张绘制精美的旅客机设计图。

这是一位北京机关工作者的来信。他学的专业不是航空，目前的工作岗位也不是航空。但是他对航空技术有很大的兴趣，自学了航空学院与飞机设计有关的全部课程，并根据课程中的设计程序，完整地做出一架旅客机的初步设计来。所提供设计资料的完备和正规程度是很惊人的。

面对这样一份业余爱好者的来信，我要考虑如何妥善地回答。

50年代中期，当我调到飞机技术部门不久，单位收到关于飞机设计的“人民来信”，徐舜寿便交给我来回答。从那时起，我便常接触到来自人民群众的对飞机设计的各种想法。回答他们的想法对我的航空知识是一种挑战，甚至是对自己科学思想和逻辑思维的一种考验。蕴藏在爱好者们中的想象想象力，始终使我感到鼓励和敬佩。

从来信中可以看出提意见者明显的热情。有的人技术方面的知识不足，提出的建议不能成立。但也有一些意见，在技术上是相当完善的。

一些对创造性缺乏正确理解的人，对新事物的判断往往遵循一条很简单的准则。他们认为：凡是合理的想法，必定早就被人想到了。不然那么多聪明的古人和外国人都干什么去了？相反，凡是在现有的产品上找不到的想法，则一定是技术上错误的主意。这是长期在我国航空工业以“仿制”为主要发展道路下的“主流”逻辑。

比如我在沈阳飞机工厂的时候，有一位刚毕业不久的女大学生，发现一种仿制的机型机身上方凸出的水滴形驾驶员座舱罩，在驾驶员头部以后的透明部分是没有作用的，因为向后的视界被弹射座椅头靠阻拦住了。如果将这部分座舱罩改为不透明的铝罩，可以减轻重量。

但是工厂里“资深”的技术人员告知她说：“头靠以后的透明部分肯定是有作用的。如果没有作用，苏联人不早就改掉了？”

其实，弹射座椅头靠以后的视线确实是不能利用的，许多先进飞机干脆将座舱罩的后段设计成不透明的盲区。至于那个女设计员提出的那种机型，可以有很多办法回答她的问题，哪怕指出为了保持水滴形座舱罩外观的漂亮，设计师愿意牺牲这一点结构重量来取得形象上的完整，也比说“这个意见如果正确外国人早采用了”要合理得多。

我在初走上飞机设计岗位时看到的那位爱好者提出的旅客机设计方案，在技术上并没有错误。但是正如跨过一条河我们可以设计出很多座新桥，不能只要没有错误就必须建造，我们也可以为城市绘出各种高楼大厦的设计蓝图，但绝不是凡是绘出蓝图来的都要建造。

以后很多年，我还遇到过另一些航空爱好者，他们在人生的成长道路上错过了进入航空专业的机会，但终生爱好航空，自学钻研航空技术，并且尝试自己设计小型飞机。其中一位当上了大学的管理学院的副院长，另一位在一个大厂的行政管理岗位上，还有一位是一个成功的民营企业家。但是他们对航空的热爱可以说是几十年不减，不但自己作出好几架相当完善的轻型飞机设计，并且自费购置了必要的材料和动力装置，随时打算把飞机造出来。

在我国航空界，有些人由于既得利益而希望垄断设计事业。有时这种偏见如此明显，以至于显得可笑。他们判断一种意见是否正确唯一的标准，就是这种意见是不是他们自己提出来的。他们狭隘地认为天下只有由他们来设计才是唯一科学道路，其他人来设计就一定是“瞎胡闹”，就是“原始落后的莱特精神”作祟。在航空先进国家，许多航空爱好者投入声势浩大的轻型飞机设计活动，是航空技术创新发展的活力泉源之一。而我国一些有执着的爱好并有很好技术素养的爱好者们，如果给他们必要的条件支持，他们是能设计出有一定水平的轻型飞机来。

我见到的第一位“发明家”

谈到发明创造，我常想起我小学时最早见到过的一位“发明家”。当时我家住在湖南湘西的辰溪。离辰溪不远是抗日战争中著名的空军基地芷江（抗日战争胜利后在大陆上日军的投降签字就是在芷江进行的）。这位发明家是该空军基地的一个工作人员。他提出，为了抵御日本飞机对机场的空袭，用六挺机枪连在一起装在枪架上，形成一种“集束机枪”，可以加大单位时间内的发弹量，提高命中敌机的概率。他的设想得到有关方面的鼓励，他便到辰溪我父亲当时工作的“农工器械制造厂”，要求协助他制造“集束机枪”所需要的构件。

他很有想法，但是没有受过正规的工程训练。我看到他站在厂房前和人谈话的时候，车间的工长从厂房内出来，问他枪架的支座要做多长。他当场从口袋里掏出一卷软钢皮尺，拉开来比划了一下，他觉得可以了，便看尺寸，告诉工长说：“就做这么长。”

我觉得只要想法正确，具体的细节可以很细致地定，也可以很粗糙地定，并不影响最后的成败。总的来说我觉得“集束机枪”的想法是行得通的，我虽然不知道他的这项创造在当时的抗日战争中是否起到了作用，但是几十年后，世界上许多国家都在研制“六管炮”，原理与他当时的设想相当吻合、

他在辰溪临时住在山下一间小房里。我对发明素来非常向往，当时在小学校里以我为首找另外两个小朋友组织了一个“发明小组”，隔三岔五地便在树林里互相交流自己“发明”器械的设想。我对发明家更是崇敬，便去看望这位发明了“集束机枪”的发明家。他见我这个小学生对发明很热心，便私下向我和透露了他的一项更重大的发明，那不再是一种打飞机的武器，本身就是一种飞机。他已经制造了模型，向我出示了这架模型的照片。

这是一架外观相当于常规双发动机的飞机，但有本质的不同。他解释说：“在机翼的两个短舱内，用高压压进去很多氢气。这样加大了升力把飞机提起来升到空中。驾驶员在机舱内摇动一个圆盘，传到另一个圆盘力量就加大五倍，再传到下一个圆盘力量加大十倍。就用经过一级一级放大了的人力来驱动前面的两具螺旋桨，飞机就可以前行……

我当时对许多科学原理都还没有学过。但是我并没有因为他是一个发明家而对他的奇妙设想感到惊喜，而是直觉地认为其中有问题，是不能实现的。这件事在我的记忆中保存了数十年。以后我学到的科学原理逐渐证实了我幼年时的直觉判断。我能在当时对他的“发明”在内心存在批判意识，长大后的我回想起来自己都感到意外。

后来我才知道，首先氢气并不是产生“轻”的气体，而是本身就有重量。只是因为它的比重比空气要轻才在空气中产生浮力。如果用压缩的办法压进去许多氢气，则反而增加了重量。其次，用一个圆盘增加原来的力量是可以实现的，但是力的行程却要缩小，力量加大多少倍行程就缩小多少倍，国为力量乘以行程对于功，而不论用什么传动方式，如果不另外加进去能量，功都不会增加只会减少，这就是能量不灭原理。以后我还多次遇到很有“资历”的人在这个问题上犯有认识错误。

没有实现的有各种情况

一些人认为如果一种想法没有在实际的产品上出现，那么一定是这种想法“技术上不可能”“想法不实际”。实际上有些事之所以没有干，不是不可能干，而是不值得去干。

比如，有一次我在一本航空杂志上看到一位读者来信，提出说，旅客机有时在空中发生事故，乘客不能逃生。这位读者想出一个办法，提出将客舱设计成可以与飞机机体整个分离的，而专为这部分分离的客舱安装几具很大的降落伞。当飞机在空中发生事故时，可以将整个客舱与机体分离，用降落伞安全降落，便可以挽救全体旅客的生命。

航空杂志将这封群众来信转由中国民航一位技术专家来回答。后来刊出的答复说：将客舱与机体结构分离是“不可能的”，因为客舱本来就与机体结构连成一体，是分不开的。这样一句“专家答复”，便把这封群众来信打发了。

我看到这个答复，感到极不满意。难道原来设计是一体的，便不能将其改设计为分开的吗？“阿波罗”登月火箭，不就是有一个“指令舱”吐出一个分离的“登月舱”来，登月舱单独登月之后，再从月球上起飞，重新并入指令舱内，一同返回地球的吗？

今天我们已经有可以乘坐约500人的飞机。我相信，如果保留这种飞机装载100名乘客的能力，而将另外载运400人的能力（这里指结构重量及复杂度）用来改装成分离的客舱，及降落伞等设施，肯定足够设计出一个带100座分离客舱的飞机出来，并不是技术上不可能。

问题在于，这样用降低客运量80%的办法来获得分离客舱，究竟能提高飞机的安全率多少？最后总的效能是提高还是降低？据统计，旅客机的事故率80%发生在起飞着落阶段而不在高空。另外，将飞机安装可分离的客舱后，在结构上增加了许多环节，每个环节也会有各自的事故概率，这样总的安全性需要认真定量分析。因此，这样的设计并不是简单地“技术上不可能”而被否定掉。每个技术措施都有其“收益”和“代价”的双面性质，有得便有所失，而很可能经过详细论证之后，证明此举“得不偿失”而不值得去做。

我认识一位《科技报》的著名编辑，也是一位航空技术长期爱好者。他对我说，他不喜欢和一些航空专家打交道，这些专家们值得尊

敬的是对现存的航空技术非常熟悉，但不值得尊敬的是他们对任何不符合现状的想法都嗤之以鼻，认为统统属于无稽之谈。他对我说，他愿意和我保持交往是他发现我还有一些愿意探究事物真正原因的精神，而不是简单看外国产品上有无作为标准来判断想法的正误。

我觉得，这位编辑朋友在专业知识上可能不如他所蔑视的那些狭隘的“航空专家们”，但是他在科学思想上，却比那些满脑子只装着“只知其然而不知所以然”的肤浅的人们来，却是更胜一筹呢。

有的爱好者对于航空的感情相当执着。有时一种设想使他们日思夜想很长久的时间，投入了很大的精力和想象。他们终于决定向有关部门反映他们的想法，也是经过很多思想斗争，寄托很大希望的。因此回复他们的意见时需要很慎重地考虑。

有一类来信，是写信者对飞机的某一局部的想法，限于当事人对航空技术了解的程度，并没有抓住航空发展的主要问题。比如有一封来信中谈到他设计出一种“电动直升机”，并附有相当复杂的图纸。但是图纸表示的不过是从电机到旋翼之间很多的齿轮传动的安排。齿轮传动显然不是研制一架“电动直升机”的最主要的技术问题。尽管技术设想没有击中点子上，但精神仍然可嘉。

但是也有个别人以“一得之见”来“漫天要价”，便使人不敢恭维了。比如曾有一封来信说他发明了一种“扑翼机”。信中有他发明的描述及简要的图形，提出的要求是：将他调来飞机工厂工作，并给以8级工的待遇，他便可以发明出这种扑翼机来。

领导问我对这种发明的评价。我说，扑翼机首先有一个能量效率问题。常规飞机将产生推力的动力系统和产生升力的机翼分开，是19世纪英国誉为“航空之父”的凯利的重要贡献，飞机才得以诞生。而“扑翼”机是将产生推力和升力的功能合并到机翼上，恢复鸟类飞行的方式。扑翼的方式对于重量大于鸟类的飞行器来说，产生升力的效率是大可怀疑的。其次是机翼在扑动时的空气动力性能问题要研究。而这封来信，不过提出了将发动机的转动如何转换成扑动的往返动作，这个转换，有很多现成的机构可以完成——比如非常简明的曲轴摇臂系统就可以做到。将圆形运动转为往返运动的设想作资本来提出个人待遇的条件，未免有些不太合适了。

“超光速”的飞碟

“这种飞机的速度没有限制，也可以超过光速，是未来飞机发展

的方向！”来人对我说。

20世纪90年代，一位外籍华人来到我们设计所。他说他很有钱，要求我们为他设计一种“飞碟”。他说，这种飞碟在飞行中高速旋转，便可以产生很大的升力，速度便没有限制，甚至可以超过光速。

听他讲的，简直像是地面线上出现了未来航空的曙光。

据他说，国外有人对这种原理进行了试验，改装了一支猎枪，使猎枪射出的不是一团铁珠子弹而是一只铁饼，但射出时使铁饼高速旋转。这支猎枪是分包给几个不同的部门分别研制的，制造各部件的人都不知道总的是一件什么东西。但装起来一试验，结果把铁饼射到了原来没有想象到的远处。他要求我们为他设计一种这样的“旋转飞碟”，载人飞行，估计会是未来航空器的大突破。

听他讲完，我对他说：猎枪射出的铁饼，由于旋转有陀螺效应使它在飞行中保持姿态，因此前行中除受到抛物线的惯性力以外，还由气流的作用产生了升力，就像在水面打水漂时的园片石块一样，飞得比铁砂远。这不是因旋转产生升力，而是只要保持姿态，一般圆盘在气流中都会有升力。风洞试验是测定气流对固体的物件（如飞机的机翼）产生的力，一般不考虑固体本身还有旋转或其他运动。一个在风洞中的圆盘如果绝对光滑而园整，它旋转或不旋转产生的升力是一样的。但是如果圆盘并不完全光滑，那么它自身的旋转会对附面层内的空气分子运动产生一些影响。附面层是非常薄的一层，产生的升力效果如果有也是次级的。

我建议，在动手设计一架载人的旋转飞碟以前，先做一项风洞试验来证实圆盘旋转的效果。我们可以设计一个圆盘模型，用电机带动转动，然后在风洞气流中测它在不同转速下的气动力，看一看旋转圆盘究竟有没有被忽略了的升力本领。

我甚至对这个试验设想了模型设计的要点。但是，这位一心想要直接设计载人的超光速的飞碟的先生却没有再来。

不用旋翼可以在空中游荡的直升机

“喂，最近来了一位台胞，他对航空有一些想法。他想向你请教一个问题，约一个时间，你看行吗？”对外文化交流部门的一位熟人给我打电话来说。

“可以呀，如果我能够回答……”

“他想非正式地征求一下你的看法。这是他的一项发明，他想了很久了，想听听你的意见。”

我和这位熟人和他带来的境外客人见了面。这位台胞是在纽约联合国总部工作。他有一些科学设想，特别近年来一个设想使他朝思暮想，食不甘味，夜不成眠。

他设想的是一口倒扣的锅，从锅的边缘水平地向中心方向吹气，在锅口形成一层高压气幕。然后向锅内充压。这样锅内的压力就会托举起锅底，形成升力。如果成功了，那么直升机上面就不用那么大的旋翼了，只要倒扣一个直径不大的锅，就可以提着直升机到处飞行。这种憋气的锅罩还可能在其他的飞行器上发挥功用。

我对他说：“这样产生的升力，不会比锅边向中心的喷气转而直接向下喷产生的升力更大。因为将整个的锅罩作为一个分离体来看，不论内部有多么复杂的设计，最后要看向下喷出的气流的平均速度，比直接向下喷的速度，是大还是小？”

他疑惑地望着我，没有回答。

我说：“首先不会变大。因为如果气流速度变大了，你这个装置就会成为一种‘气流增速器’，将它装在消防水龙头上，就可以把水喷到原来到达不了的高度，接连装几个，就可以使水注越喷越高，达到任意高度。而这是违反能量守恒原理的。”

他听我说关于消防水龙头的比喻，也感到滑稽，笑了起来。

我继续说：“那么速度与直接向下喷相等或要小。由于气流转向有能量损失，更可能的是减小了速度。那么，根据牛顿定律，速度小力量也要小，就是说，加了锅罩的喷流比直接向下喷产生的升力要小。这样为了产生升力而安装一个锅罩就没有必要了，还不如直接向下喷气产生的升力大。”

但是他对我的判断仍然半信半疑。我相信他曾在多少不眠之夜冥思苦想过，越想越觉得这个装置真是合理无比。

我对他说：“你不必忙着设计一架这样的飞机，不妨先做一个小的喷流试验，测试一下锅边向中心喷和向下喷产生的升力对比，就可以知道效果了。”后来他果然找研究部门为他做了这个试验。试验结果确实和我预见的一样。

火箭飞机

有一位读者看到我在航空刊物上谈论轻型飞行器的文章，写信来说他对参加讨论的几个发言都研究过了，认为我的发言还是比较实事求是的。他有一项思考多年的设想，想问我的意见。我给他回信之后，他仍旧连续给我来过几封信继续讨论。

他的设想，是用火药作为推进一架简易飞机的短期动力。这样可以为步兵攻占山头时使用。

能说这种设想在技术上行不通吗？美国从X-1到X-15一系列的高速试验机，不就是用液体火箭推进的吗？有些飞机或靶机起飞时使用的固体火箭，虽然只能短期工作几秒钟，难道就不能将一架滑翔机推着飞离地面吗？

所以这样的设想，不是技术上可能与否的问题，而是在实际上能否达到所要求的使用性能。如果真的设计这样的“火箭动力”飞机，安装的固体火箭的重量与和成本，可能比来信者所设想的花炮似的“火药”动力要复杂些。

但是20世纪60年代我真的遇到一个“火箭飞机”的设计，我可就是直言其不可能了。那是一位工程人员提出的设想：在常规的喷气战斗机上安装小型液体火箭，当飞机达到升限时点燃火箭，将飞机超越升限推到一个指定的高度。

我说，火箭的推力数据是清楚的，火箭能燃烧的时间也是清楚的。因此火箭能做多少功是可以算出来的。而一定吨位的飞机要上升到指定的高度，位能的提高需要多少能量，也是清楚的。火箭作出的功不足以使飞机达到指定的高度，这是仅分析一下数据就可以知道的事实。

但是当时指挥这项计划的工程技术人员说：“没有试过你怎么知道不可能？”

而且当时他有权，可以决定计划继续进行。于是轰轰烈烈地进行了一阵，直到试验失败为止。

提出并主持这个方案的，是一名受过航空专业教育的航空工程师。但是他显然把航空科学当作一门单纯“构造学”的学科，而对能量与作功等力学问题缺乏基本的了解和尊重。因此，到头来他还是只有一个“业外”量级的概念，所以我把他也列为“爱好者”之列。

美国麻省理工学院（MIT）把工程师分为四类，最高一类是科学家型的，思想家型的，是探讨道路的，提出新方法和新理念的，最后一类是操作型的。这位设计“火箭飞机”的航空工程师，缺少一点“第一类工程师”的“科学家、思想家”能力。他们把“工程活动”狭窄地理解为将一个设想制造出来的“物化”过程，而对这个概念本身是否正确，如何找到正确的概念缺乏应有的关注。这样他们在处理常规工程问题可能是称职的，但遇开拓性任务时，能否达到彼岸就比较不确定了。

1990年6月的一天，我当时60岁，和我刚上高三的儿子对一道物理题进行了讨论。我看了那修复杂的图形后说：“钢索里的力当然就是那个重物的重力。”儿子听后很惊奇，说你怎么一眼就得到这个结论的？儿子自己是做过很细致的分析才知道的。我说，这就是宏观概念的重要性。我的前辈、某著名教授在课堂上曾说过，往往最简单的最基本的定理却最不容易理解透，他的学生们后来越实践戛感到此话的正确。我给儿子看一些“永动机”的设计图（在我写的《发明与革新》一书中，为了说明问题收集了不少这样的图）我说，如果你只从细节上看，这里每种设计都有一定的道理，都有其巧妙处。但是在总体上却都是荒唐的、错误的、不能实现的。不用作细节分析就可以知道。这就是宏观战略性思维与公停留在操作层面思维的差别。不少人有“重技术”而“轻科学”的倾向，就容易出现这样的问题。

我不禁多说了几句：“在工程上确有许多事，有的总体上失误，在局部看来却是可以进行得下去，于是不断有人在‘搞’，好像很有本事，甚至搞得声势很大，看起来在夹缝中一点点前进。但到头来却是一场空，就是因为思路在根本上是错误的。明眼人一眼就可以看穿，事先就可以准确预计到结果。科学是干什么用的？就是干这个的。”

“上报英国女王“的新型航空器

1991年5月，一个叫格瑞比的德国人找到我所在的飞机设计所，要求我们承担研制一种他认为“21世纪将大有作为的航空器”，飞机研究所指定我来主要接待。

这个德国商人能讲英文。他主要在中东开采石油，所以很富有。但他不满足于赚钱，而要开发一种新型的运输装置。他所设想的航空器，实际是一种硬式飞艇，因为软式飞艇总的载重能力受到限制，只有恢复齐柏林式的硬式飞艇，才可以将载重能力大幅度提高。他主张硬式飞艇的结构采用大跨度无柱建筑的网状单元体结构，一方面使构件标准化，另一方面可以采用复合材料减轻重量。从结构设计的角度我认为这个设想相当不错。

在动力装置方面，则在飞艇上装有4台可以转向的函道风扇或转向式螺旋桨。飞艇气囊的浮力基本等于飞艇的自身重量，所以在发动机不开动时，整个飞艇基本处于零重量状态。当在飞艇内装上数十吨有效载重之后（典型如40吨，60吨或80吨货物），飞艇的升空便依靠四台发动机向下扇风产生升力而托举起来，在空中将四台发动机转为向后水平扇风，便可将飞艇推向前行，而巨大气囊应在外形上设计成“升力体外形”，这样飞艇在前行中也就可以获者维持在空中飞行的升力。

这种航空器既使用空气浮力，又使用风扇气流产生的升力，在前行时又靠气囊的外形产生空气动力产生升力，所以可以称之为一种“复合航空器”。

这个德国石油高人对航空技术有一定的了解，他自己就有私人飞机并能驾驶，所以他的设想有一定的合理性，并不完全外行。其实这是世界航空界十多年来一直有人探讨的一种飞行方式。我在13年前的1978年2月，就读到过美国拜因康尔和施玛克合著的《公元2000年的世界》。该文对航空发展进行的畅想，其中谈到：“美国，苏联和许多预测家认为飞艇这样的航空工具在不远的将来将获得新生。联邦德国正在制定飞艇制造计划，大概在1980年将建成第一艘巨型原子能飞艇，可载运500名旅客和50吨货物，并将在同一年做第一次环球飞行……“

我对这种言论实在不敢苟同。德国人格瑞克来谈时，我读到这篇文章预测的时间已经过去了11年，并没有出现原子能飞艇，也没有发生飞艇的环球飞行。我认为这不只是预测有偏差，而是错误地认识了事物的特点。

我们设计所内有一位高级工程师原来从事过降落伞的研制，也开发过热气球等用布料气囊的航空器，他对德国人的这个设想很入迷，常常在讨论中鼓吹说：“这样新式的航空器，我们不搞别人也会搞，今天不搞总有一天也会搞。”表现出一种必需抢占先机的心情。我问他：“你是不是说，这种航空器的出现，将是一种不以人的意志为转移的历史必然？”他听了我的话，也发起愣来，没有直接回答。

但是我对此却没有这样乐观。我对他说：“事情未必如此，这不是一个确定无疑的发展前景。很多人对这样的设想感兴趣，都犯了一个毛病，就是仅仅根据静止的图片去想象飞艇的运行环境。飞艇在平静的空气中能产生浮力，使人觉得这么容易利用的浮力不去利用真是傻瓜笨蛋。但是自然界里的大气并不是平静的空气，而通常是不平静的气流。照片中照不出风。只要设想一下，体积有如一座大厦似的飞

艇，其重量却为零，那么小的比重，在日常的和风细雨中它的飘动都很难对付。如遇急风暴雨怎么使用？藏到哪时去？因风产生的不利的力将会使它的安全使用极为困难。”

“飞艇的艇体、动力装置、设备、燃油等，加上几十吨重的载重，没有重量具有很大的质量。因此 出现不希望的运动后（如侧移等），需要很大的外力才能纠正。在20世纪初一些纪录片上，早期的飞艇接近地面时要出动几十个人，那景观简直像蚂蚁拱冬瓜似的。因风产生的不利的力使它的安全使用极为困难。我对这种航空器在日常社会活动中的使用前景并不看好。“

那个德国商人要求我们对这种“复合型飞艇”作出具体的方案设计。这个项目甚至惊动了航空产业的上层管理，将其列为我国航空产业的“新增长点”。我对这个项目却并不乐观。但是，既然指定由我来负责，那么我还是应该认真对待。

我仔细钻研了有关飞艇的资料，归纳了一下这种航空器的特殊问题，召集课题小组的所有成员，给他们上了关于飞艇的型式、构造和控制的一课。讲完后，听课的反映说：“胜读十年书！”一位副总设计师出于关心这个任务也来听了，课后对我说：“这个课应该早讲！”我说，我刚接手此事。现在也不算晚。不过，我觉得有的人接受一项任务时，常常不去搞清楚技术上的来龙去脉，不明白事物的左邻右舍关系，以为设计就是拿起笔来蒙头画图，真是很大的误解。

我带领这个课题组按照协议作出了相关的设计，进行了“升力体气囊”的风洞试验，绘出设计的图纸给出了技术资料。那位德国人对我们提出的设计评论说：“很具专业水平。”

但是，通过风洞试验，我看出飞艇的气囊即便做成“升力体”外形，在前行中产生的升力也不能够举起几十吨载重。而四台动力装置在偏转过程中和处在两个极端位置只能依靠自动器来控制，这面的问题也很突出。

接下来这位石油老板却拖着不肯投下认真开发的资金。大概他的热情也只限于论证论证，在真刀真枪需要投入大量资金时犹豫怯步了，项目终于半途而废。我觉得，也算得上一个业余爱好者的设想吧。

以后，加拿大一个W公司男男女女好几个人前来商谈联合开发飞艇的事。他们说，他们来之前特地到德国打听过，到中国要找真正懂行的专家，这才到上海点名找到我，甚至说他们这个项目打算要上报

英国女王。我笑笑，心里想，不管向女王还是向男王上报，熟悉航空史的人都知道，不少时候很有权势的人却作出非常愚蠢的决定。但是我没有说出来，只是 一本正经地询问他们希望如何协作。这件事不论他们说得有多玄，后来却没有再来。好在对我们方面来说，不过接待他们谈了一谈，并没有什么损失。

21世纪初，我在负责编审第二版《中国大百科全书》时，发现第一版中对于“飞艇”这一词条的讲解中，还有大量当时世界航空论坛曾甚嚣尘上的“飞艇即将获得新生”的论调，但是过了所预的期限，并没有出现所预见的情况。我红笔一挥勾去了这些一时泛起而并未实现的畅想。

点火炬的飞盘

2000年初冬，全国第九次运动的筹备组叫我紧急乘飞机到广州。这时我70岁，已经退休离开设计所日常工作。

九运会筹务组的人员用带广东味的普通话对我说：“现在开运动会最引人注目的是开幕式，而开幕式上的点睛重点是火炬台的点火。美国奥运会是由盲人运动员射箭点燃火炬，悉尼奥运会则是在水中点燃火炬。这些创意都得到国际媒体的赞许，获得了很高的荣誉。全国第九次运动大会将在广州举行，会场是由法国新设计的奥林匹克中心，它的火炬台将高高吊在入口处，用别的办法很难把火种送上去。我们找上海航空学会的特种飞机研究会，来商量开发一种带有‘高科技含量’的点火办法，是因为我们相信上海解决问题的质量……”

上海航空学会的特种飞机研究会，原是几年前我领导上海航空方面技术力量参加宇航方面在大气层与宇宙太空之间往返的特种飞行器概念研究时的一支联合队伍。后来为了保持这支力量，在航空学会建立了这个研究会。我曾任主任委员，内容不再限于宇航航天器的研究，而包括一切稍有“特殊”的航空器。

我在九运会筹委会的负责人员陪同下去了正在建筑中的“奥林匹克中心”体育场，那规模可称雄伟。陪同我去的一位航空学会的行政管理者觉得能让我们看到尚未对外开放的工地，享受到这种待遇很是风光。但我不是作为一个参观者去的，这是我们的工作成果将要展现风采的现场。我观察了会场通风的风向，设想了点炎航空器绕场行可能的飞行航道，以一些重要的地点（如火炬台）的建筑相互关系和尺寸拍下一些资料照片。

对九运会的点火办法，我冥思苦想提出了若干个可选择的想法，如飞盘点火，悬挂滑翔点火，简易绞索起飞的小动力载人飞机点火等等，对有些想法绘出了草图，有的还制作了硬纸板的模型。最后，广州方面敲定用飞盘点火的方式，并委托上海航空学会来研制这个项目。上海航空学会指定由我在技术上总负责来完成这一任务。

我找到对飞盘遥控模型有基础的航模学校，向他们指定了飞盘尺寸和性能，并且为了启动方便，消除飞行中的扰人噪声，决定用两台电动机来取代过去的压燃式航模发动机。并商定了在飞盘上安装火箭和焰火。但是在试验中，发现火箭和焰火的点火和熄火的时间不能精确同步，造成的不平衡使飞盘在空中动态不稳。我告诉他们说，火箭的推力线应尽可能通过飞盘的重心，告诉他们火箭应安装的位置和角度。他们按此改装后，试飞状态大为改观。飞行变得稳稳当当。

我对行政组织者说，在运动场开幕式上，飞盘不能用人奔跑手掷飞向天空，而应该有一个发射架。在运动员点火之后将飞盘弹射出去。这个发射架，我可以提供设计方案，需要一位工程绘图人员来绘出图纸以便制造。这位组织者说，没有问题，有一位刚退休的结构高级工程师愿意干，我叫他来找你。

几天后这位高级工程师来到我家中。我向他讲解说，弹射架的外形有些像一座跳水台，略带斜度伸向天空，长度约为5米，经过外形装饰后，应该成为运动场的一座雄伟的雕塑似的景物。而它的功能，则是在运动员将火种带进运动场后，首先点燃发射台根部的一堆焰火。然后发射台从焰火中将飞盘向斜上方发射出去。

我口干舌燥向他讲解我的总体构思，一面讲一面用笔在一张张白纸上勾画各部分的草图。我设想的这个机构，由七个关键部分组成。我顺手勾画了好几张草图表达我的构想，可以说相当详尽了，并将我绘制的草图交给他带回去了。

不料，过了几天这位高级工程师拿来他绘出的图纸时，完全不是这么回事。我问他，我画的示意图呢？他说没有带来。实际上他可能弄丢了。我看了他设计的图纸，才领悟如果需要一个托架，他是能将几根支杆连在一起形成一个架子的那种“结构设计员”，而对“机构学”却没有起码的概念。

上次来，他可能根本没有弄懂我所谈的。作为一个弹射架，他设计的“弹射发力”部分和“锁住释放”部分都不能执行功能。对牛顿定律的运用发生概念性错误。我告诉他，人类的在和平时期和战争中，使用得最普遍的“锁住和释放”机构就是门栓和枪机。我问他对这些观察

过吗？他没有。他连这样简洁而有效的机构都不知道，搞出一个不能工作的复杂玩意来。我告诉他这个设计不能用，无论如何要抢在进度之前把设计改过来。现在还有时间，广州有关人士来此检查结果的日期是限定了的。

他把图纸拿回去了。不久，我听说他把图纸发到了工厂。我还以为他更改了图纸。工厂打电话来找我说，图纸有问题，无法加工，找设计者找不到人，找到我这个技术总负责人头上来。

我急忙赶到工厂。一看之下，大吃一惊地发现竟是给我看过的那一套原理错误的图纸，被原封不动地发到了车间！这将是一个无法工作的构造！而这时，已经超过了完工进度一天。

我觉得头嗡地一声。

我没有和这位高级工程师一同工作过。我相信他习惯在某种官僚化的技术部门工作，那里的技术领导并不是由于技术高超而是由一些其他与技术无关的条件被选派的。这样的领导的作用只在于布置任务及处理一般的人事管理问题，至于技术任务如何完成，具体操作者不很大的自主权，技术主管一般 很少过问或根本没有能力去过问。所以这位高级工程师把我作的技术指导不当一回事。但是我偏偏不属于这类对委托的任务只过过手的技术主管，我本人亲自完成过多贡不同的设计que也不是那种完不成任务只是头一缩就没有了声息的那种人。

吃惊之余，我立即找到那位行政组织者，对他说，这是关系第九届全国运动会的项目，也牵涉到广州和上海的协作关系。不是我不？？你推荐的那位高级工程师，他已经超过了应允的期限，就进度来说已经是负的了。我不能不采取紧急措施，必须接过手来。

我对工厂的蒋厂长说：“原定的进度已经过期了。我们从后面的调试时间中挤出三天，但到最后期限也只剩这三天，绘制全套图纸已经来不及了。你能不能指定几个工人听我指挥，根据我的口头指挥来加工。我们一同来努力，争取三天造出弹射架实物来。”

蒋厂长见进度紧迫，表现出很通情达理，说：“我们从来没有这样干过，好吧，那么，我指定几个人听你安排……”

于是，我首先带领几个下料工到仓库，从料架上挑选合适的材料，用粉笔在地上画出结构的大样，然后按粉笔印子下料。我又找几块钢板，用粉笔在上面画出零件的外形，请气焊工按线切割下来，在砂轮上打磨光滑。只有用车床加工的零件画了简单的加工图纸。

我已长期不在现场工作，因此在工地一天站下来很吃力。但是由于大脑处于高度亢奋状态，以至于完全没有觉得累，直到下班回到家中，才感到腿脚抽筋。第二天清早仍然赶到工厂继续干。这样到第三天下午，终于由各部分凑成了发射架的整体形象。

一同工作的人，谁也不知道这会是怎么一个东西，只是按我的吩咐制造着各个局部。实际上我自己也从来没有见过这样的弹射架，不过头脑中有一个完整的构思。结果装起来一试验，完全符合意图。我颇感满意。曾长期和我一同工作过的高级技术人员，在一边看到这回事，惊叹说："我一辈子也没有见过用这种方式，没有图纸，只靠现场指挥就完成一项设计的，而且效果这样好，真是闻所未闻！"

我们立即把飞盘与发射架进行发射联试，一切进行顺利。紧接着广州方面九运会方面的代表及广州市的领导都按时乘飞机赶来了。我们在天黑之后在运动场试验，模拟运动会开幕式上的效果。当晚除了广州方面九运会筹委会领导包括文联主席等，还有上海体委的领导以及世界APEC会议闭幕式上轰动全国的浦江焰火大会的总指挥，都来到了现场。

一声令下，飞盘从发射架上顺利弹出，飞盘闪烁着彩色灯光，喷着跃目的火花，在运动场上空盘旋一周，转头向高处的火炬台方向飞去。广州来的代表对试验的全程作了录像，并在总结讲评会议上对结果一致表示满意。

这件事似乎应当有一个好结果，但人算不如天算。

事隔不久，"全国大学生运动会"将要开幕。大学生运动会的筹委会在会前也到各处征求开幕式上点燃火炬台的创意，当他们来到广州"九运会"筹委会的时候，九运会将他们打算的"飞盘"创意告诉了大学生运动会。这样，这个创意被大学生运动会提前采用了，他们出重资请韩国一家公司搞了一个用纲索吊起的喷火"飞碟"来点火，技术含量比我们搞的"遥控飞盘"的飞行点火差得远，但是飞盘的创意已经被用过就不能再用。于是九运会筹备处通知我们，这个项目中止进行。最后在9运会开幕式上，采用了我在讨论会上对运动会筹备组提出的"备用方案"——激光点火的办法。

原计划在九运会开幕式上使用的"点火飞盘"是一个规模不大的无人遥控航空器，最终由于"非技术原因"没有在开幕式上在亿万电视观众眼前亮相。这件事给我留下最突出的印象，是我被迫在三天内爆发出设计能量，很不合常规地完成了一项复杂的机构设计。这是一个必须从形成设想、到将概念"物化"变成实物的完整过程，从中焕发出酣

畅的设计思维，是我平身最集中浓缩而淋漓尽致的一次。

我一生中设计过复杂的高速飞机和大型飞机，却对一具小小的发射台的设计花了这么多笔墨。这次在紧迫时间内的超常发挥，各种程度形象地反映了我在工程实践上解决实际问题的能力。而我在理论上的抽象思维，如推行“飞机总体参数优化方法”、“悬崖罚函数”、“系统工程”和“突变论”方面的工作，则形成工程能力的另一端。

十五、 业余艺术生涯

从报纸上读到过一篇短文，谈到关于“人生”的内涵时说：中国人的理解多数为“人生是指人的生存以及全部生活经历”，而在美国的教科书上却表述为：“人生就是人为了梦想和兴趣而展开的表演。”这两种说法，体现了不同的文化色彩。

在我的自述的这一章，我姑且按第二种理解谈一谈我在文艺方面的“兴趣”而作出的“表演”。

1996年1月，我这时快66岁，已经退休，但仍被飞机计所反聘为顾问。天气阴雨绵绵，潮湿寒冷。一天我在家听到电话铃响。

我拿起话筒，电话中确认我就是要找的人后，说：“我们是上海东方电视台。春节快到了，我们打算邀请你参加下个月的春节晚会演出。今年的春节联欢晚会将由北京中央电视台、上海的东方电视台和西安电视台三地合办，邀请你参加演出一个节目，请问你能否参加？”

我历来爱好文学、戏剧、音乐，在大学学习航空之初便选修了文艺课程，（大学期间我是清华管弦乐队的指挥，和全校首席小提琴手）。从事第一架飞机设计时便担任了工人文化宫的“艺术指导”。虽然在“文化大革命”中受到“三个愿望”的指责，但对文艺的爱好也终是不减。因此1996年初春接到电话后，我还没有弄清楚找我的是什么晚会，便回答说：“可以呀，只要当时健康状态允许，是可以参加的。”

电话中对方连忙问：“那么你的身体情况怎么样？健康吗？”

我说：“现在很好。你是约我一个月后的演出，到那个时候如果有个头痛脑热我就说不准了。”

20世纪的后20年，每年春节中央电视台的“春节电视晚会”成为全国人民及海外华人最关注的文艺演出。电视导演们为了每年的春节晚会绞尽脑汁煞费苦心。1996年，中央台的导演们想出一个“三地联播”的花样，据说这样的三地联合播一台节目，在此之前全世界还没有先例，这便是一种革新的创举。

他们邀请我参加这个节目，使我这个飞机设计师在覆盖全国及全

球华人的舞台上表演了一番。这是不论专业还是业余演员所能参加的观众最多、规模最盛大的演出。

自娱变成与人共娱

从接这个电话的1996年倒朔过去25年，自从我41岁从沈阳的飞机工厂调到上海从事“运10”的研制以后，我与在北京的妻子和在湖南的儿女在上海团聚，建立了家庭生活，从此便没有业余时间参加群众文艺活动了。对音乐的爱好，限于工作后操起小提琴来拉上几弓，松弛一下神经。

我为了自娱经常拉的，是巴赫、亨德尔、海顿、莫扎特、和贝多芬等人的小提琴奏鸣曲和协奏曲，其中最经常拉的是贝多芬的“D大调小提琴协奏曲”。也拉一点柴可夫斯基、门德尔松及法国的马斯耐、圣桑等的作品。这样的音乐口味可以算比较“正宗”的、重量级的了。我的妻子贺亚兮对我在业余时间经常拉琴，开始时不免略有微词，但后来自我解嘲说：经常拉一些音乐，虽然水平不高但是情趣很高，比沉浸在街头巷尾的飞语流长总要好一些。那自然，演奏水平不高是我的指法弓法问题，但情趣却是由大师们的作曲所决定的呀！

那时住的是集体宿舍，我下班后有时拉琴的事，同事们便都知道了。这样，到了过年过节的时候，不免叫我到联欢会上凑个热闹。每当这种场合，我便拉几曲大家耳熟能详的中国曲子，相当受欢迎。

这样大约过了8年，到了改革开放，各种社会活动丰富起来。1979年上海清华同学会在“文化大革命”后恢复了活动。开会前，秘书长问有些什么联欢节目可以在会上表演，我所在的设计所一位清华毕业生参加了筹备事宜，说起飞机研究所有一个校友可以拉小提琴。于是，我的琴声便超出了本单位的局限，使其他领域里的工作的清华同学们也听到了。过了几年，一家科技报为了组织一篇关于科技人员的艺术生活的稿件，去采访清华同学会的老秘书长，请他推荐一位有艺术修养的科技人士。难为这位老秘书长还记得我在校友会上拉过提琴，虽然在每年的校友会上先后有许多校友表演过各种节目，但老秘书长独独推荐了我。于是，科技报来一位记者对我作了采访，了解我多年来喜欢音乐的事迹，在报上发表了一份对我的报道，附有我拉琴的照片。

我的飞机设计主业平时很少被公开报道，而业余喜爱音乐的事，成为一种“生活情趣”却上了好几回报刊专访，出现在上海三家电视台的节目中。

先后有几家报刊约我写关于科学与音乐的关系的文章。我在文中都提到，喜爱音乐的世界科学工作者家的名单可以列得很长，其中最著名的可能要算爱因斯坦了：物理学和小提琴是他终身两大爱好。爱因斯坦在物理学上的成就当然众所周知，仅在1905年一年中他就发表了5篇达到获诺贝尔奖水平的论文。那么与物理学并列为终身爱好的小提琴是什么水平呢？科学史文献中却语焉不详，只知道他不但拉琴自娱，而且经常乱发蓬松地携琴登台表演，有时还演奏他自己谱写的小曲。一次他被邀请在晚会上演出小提琴，前面是别人表演的四重奏。当有人询问他对前一节目演奏的感受时，他嗫嚅着问：“但是，什么时候该我拉呢？”这位科学大师如此重视自己的演奏机会，掩饰不住内心着急可怜巴巴的可爱相，同为业余小提琴演奏者的我，完全理解他的心情，不禁为之失笑。

1990年4月，我在北京参加全国人大会议时，在14个省市代表团联欢会上演出了小提琴独奏。主持人当场向担任伴奏的总政乐队的领队了解对我的琴忆的评价，然后向听众宣布说，专家评论认为属于“专业水平”。当晚节目很多，但在中央电视台的《新闻联播》中报道这次联欢时，我拉提琴的片断是被选为播出音像的仅有节目。当天正巧是我60岁的生日。

1994年9月，我64岁时，上海电视台播出了我在交响乐队协奏下演奏小提琴协奏曲，由著名指挥家曹鹏指挥乐团。为了这次机会，我托科协一位熟人请音乐学院的教师事先听听我的演奏，提一点意见。熟人联系到一位女钢琴教师，她长期担任一位著名小提琴教授的钢琴伴奏。我在熟人陪同下带着琴进入音乐学院的琴房时，这位钢琴教师自我介绍说：“要说评论小提琴的能力，我算是听也听得够多的了。”我在她的伴奏下拉了几曲。她惊奇地说“你倒真是个拉提琴的！一个搞科学的，怎么像那些外国科学家一样……（指对音乐有爱好）”。我心想，外国科学家也不全都喜爱音乐、爱因斯坦确实拉提琴，只知道他非常推崇巴赫的作品，至于他的演奏是什么水平，我还没有弄清楚。

上海乐团的指挥曹鹏颌下留着白胡子，形象庄重深邃，指挥时乐思泉涌，挥洒自如。荧屏上播出这个节目时，镜头扫过乐团的弦乐部如同芦苇丛生般的琴弓起伏，管乐部成排金光灿灿的长号齐鸣，还有一群低音提琴像史前动物般轰然作响，铜□一闪，霹雷闪电。在交响乐队的各种声音的混响衬托下，我的小提琴的独奏的旋律像一根闪亮的丝线般凌空飘荡，那规模挺令人震撼的。看到节目录像的人往往瞠目结舌、惊奇得嘴里“啧啧”地出声。这个节目在8个月内多次在电视台反复播放，8年之后还偶尔作为节目精品予以重放，以至有的同事

对我笑说：“你作为飞机设计师没有引起注意，作为音乐爱好者而广为人知了。”

青少年时期拉小提琴的人不少，但是到了白发苍苍的六七十岁还在拉琴自娱，甚至还登台奏乐，大概算得稀罕了。

外太空走一遭

1996年的春节联欢晚会，有一个节目是纪念“863计划”十周年。“863”是我国重要的高技术发展计划，我本人参加了这个计划中的工作。节目的策划者设想由北京和上海两地联合演出。北京的总导演对上海分区的导演说：“你们在上海找两个人，一个艺术家，一个科学家，在上海共同演奏激光琴，我们组织一群能拉提琴的科技工作者在北京配合演出，两地共奏同一支曲子。”

上海的年轻黄导演的经历很有意思，他是大学数学系毕业，却读了哲学硕士，毕业后留校教“西洋艺术史”，在这次春节联欢晚会却出任上海分区的导演，可见文理相通的人也是常有的。他提出说：“在上海找一位知名艺术家没有问题，我们可以找周小燕。”因为刚过去的抗日战争50周年纪念活动中，文艺界记性最好的张瑞芳记得风靡全国的抗日歌曲“长城谣”是由周小燕首唱的，于是上海东方电视台特地组织了一次由周小燕在长城实地重新高唱“长城谣”的节目。电视台与周小燕有过联系，所以首先想到她。

北京的总导演立即同意说，“周小燕可以。”上海导演说，但是还要找一位科学家，不知道该找谁。北京的总导演说：“要有一点艺术修养的。”黄说，那我们更不知道该找谁了。

过了不久，北京中央电视台的人们忽然记起，约五年前某届全国人大在北京举行联欢时，上海代表团曾有一个代表拉过小提琴。当晚演出的节目很多，但最后选上在“新闻联播“中播出图像的只用了这个提琴独奏，大概当时挑选播出的节目时就有过讨论，所以有人还有印象，但是不记得演出者的名字和具体情况，便给上海东方电视台发来一封电传说：“懂点艺术的科学家在上海有一个，是个搞飞机的，全国人大代表，能拉小提琴。”

上海东方电视台接到这个电传反而糊涂了。没名没姓该怎么找？他们指定一个人专门向四处打电话，心想要找到此人肯定不容易。不料第一个电话打到科协，把三个条件一讲，科协回答说，这样的人有一个，是全国人大代表，是搞飞机的，能拉小提琴，三个条件都对，

并立即把我家的电话告诉了电视台。这样第二个电话便打到了我家，就是本章开始时我接到的那个电话。

这时距离春节大约还有一个月。春节联欢会的会场设在浦东新建的“东方明珠”底楼半球形大厅。周小燕和我先后六次去那里参加节目连排。每次都租用卫星实现北京上海西安三地联网，据说租用卫星就需要支付数万元，我们觉得几乎是天文数字。但是据说在春节晚会的当天，观众席的前若干排是“有价看席”，一个座位就要卖几万元。有的公司为了“打出知名度”，特地付钱买了这样的座位票，让他们的老总们参加春节晚会的现场直播，希望某些镜头中扫到他们，达到在全世界华人中露脸的目的。

周小燕比我约大13岁，我在幼年时就知道她唱歌很有名。在这年春节晚会时她已经进入80岁了。但是仍是舞台风度矫健，一般看不出是这样的年龄。这次春节晚会最后一天正式演出时，全台热闹拜年的场合有许多老艺术家如张瑞芳，谢晋等一同上台。除了这个大团拜以外，有正式节目演出的，可能就数周小燕和我年龄最大了。

那一次年龄最小的是总政歌舞团女歌唱演员白雪，不算穿着超短裙的跳几章舞蹈的幼儿园小朋友的话。白雪当时刚冒出来不久，个子高挑，充满青春朝气，摄影记者拉着她在东方明珠各处摆出各种姿势拍艺术照。但是她在休息时很懂事的为奶奶爷爷辈的周教授和我送香蕉。

在排练时，不论年龄大小，资格深浅，只能按节目单的顺序。所以周小燕和我在湿冷的天气远远地从浦西赶到浦东“东方明珠”，候场时也只好乾坐着。我和周教授闲着聊些音乐话题，如拉赫曼尼诺夫的《练声曲》之类，比较一下外国歌剧和“北京歌剧”（京剧）的异同。

周教授因身体不适有几次排练没有来。后台聚集着当时誉满全国的演员们，他们之间有的是老相识，有的也是初次相见，东一句西一句地闲聊。我是在场唯一的业余演员。他们见我满头白发坐在那里，不知道我是谁、要演什么。我进入这样的人群很是陌生，带去正在写作的一本《工程设计的系统工程》的书稿，在候场的间隙改稿子，但仍感到有如闯入瓷器店的大象一般混身不自在。

周小燕来参加排演时，东方电视台看到把她和我两位老人晾在那里不好意思，便与“东方明珠塔”的管理部门联系，说是我们请到两位专家参加演出，请招待免费参观东方明珠的263米高处的观光平台，东方台将派导演陪同参观。这时东方明珠刚对外开放不久，一般参观者排着很长的队，需购参观票价格50元。经联系后，东方明珠同意免

费邀请两位专家登塔参观，作为贵宾不经排队直接登塔，但春节晚会的导演的陪同，就请免了。

这一年的春节夜，我就在东方明珠的大厅里度过了旧历新年。上海导演说这回春节晚会是“大制作”，节目要“典雅”又要“火爆”，搞得轰轰烈烈。这台节目一共完整地演出了两个晚上。除夕前夜演出一次，并作全程录像。一方面是作为第二天除夕夜演出的“安全备份”，以防万一出现不可预料的障碍（如演员急病，交通失常，设备故障等），可以放映录像来填补；另一方面第二天清晨，这个提前录制的“备用带”复制后就将以最早的班机，发送世界上卫星传递尚未到达地区的中国大使馆，使这些大使馆可以在除夕夜与全国同步在招待会上放映春节晚会，只不过是先一晚录制的备用带。

我参加的这个节目，在北京参加小提琴演奏的科学家有数十人，但主场设在上海。荧屏上只打出了“激光琴”领奏者周小燕和我的名字。所以春节后一连几天，我们设计所的同仁们远在新加坡、日本、中国台湾和美国的朋友和家属，纷纷打来电话，说是看到这个节目了，并注意到飞机设计所的一位技术负责人参加了这个节目的演出。

我50年前中学时的一些同学，以后散失联系多年，也因看到这个节目而与我联系上了。

这是我作为业余演出者的最高演出。不是说舞台筑得有多高，而是指演出用电波传送到七万五千米上的两颗卫星再向全国转播。我的琴声到外太空走了一遭。

科技写作不需要方法吗？

2002年1月，上海广播电台把我找到建筑雄伟的“广播大厦”，一位栏目的负责人情绪激动地说：“现在媒体都在狠命包装歌星，但是我们决定宣传一下默默无闻做科学普及工作的人，他们对社会作出了不可磨灭的奉献！”

电台组织了对十位科普作家作直播采访，第一个播放了对我的访谈。后来电台对这次采访出了一本图文并茂的书，对我的采访刊在第一篇。

作为一个飞机设计师，我并无在科学普及方面出人头地的打算。但是我从小学起就曾是一个科普读物的爱好者，自幼父亲便买一些科普书籍给我看，我也看得入迷。当时的科普书有许多是翻译的，我至

今记得有一本讲力学规律的书，讨论如果将地球打一个洞，穿过地心穿到对面，不计地心高温等现象，问一个人掉进这个洞里，他的运动会怎样？我很喜欢这类高度抽象对宏观现象的解释，可以对一些基本原理加深理解。

当然，科普读物中也给我一些具体的知识。但我一直认为科普同样重要的是启迪科学思想。科普读物给我造成的思维习惯，使我在以后接受国际先进的一些新的科学思想和方法上，如计算机优化，突变论，回归分析法，模型法，黑箱原理，系统工程等一些带有抽象性的科学新原理时，能比较顺利地接受和运用。

从20世纪50年代开始，我就经常给航空技术刊物投稿。在我科普写作50多年中，前十几年以介绍航空新技术为主。但是我逐渐领悟到，航空要发展，还需要科学思想及科学方法的更新进步。比如在设计中创新意识就非常重要。这使我在70年代后期写了一篇“工程设计中的创造性思维”。据有人查阅文献资料发现，这是后半个世纪国内第一篇谈创造性思维的文章。以后还发表了“智力游戏与创造性思维”“通向发明之宫的五条途径”等创造学方面的文章，以及关于人的注意力分配，关于灵感与顿悟，技能与训练等心理学的科普文章。我以后出版了《发明与创新》专著，《智力游戏300题》等热销的科普书籍。都是在这个思路上的发展。

科学方法也非常重要。方法对了可以事半功倍，方法不对则事倍功半，甚至很难成功。我研究了“参数优化方法”，写作了《计算机辅助飞机设计》专著，在科学院的《科学通报》上发表有关数学发展的《突变论及其应用》等，都曾得到读者异乎寻常的热烈反响。

我讨论飞机设计方法的论文《飞机设计的原准法与综合法》在一家大学的《学报》上发表，并被航空产业的一家重要研究刊物转载。文中我力主突出设计自主性和创新意识的“综合法”，旗帜鲜明地反对航空界有些人大力提倡（甚至被推崇为惟一成功之道）的仿制性的“原准法”。这稿文章发表之后，该刊物接到“原准法”的死硬鼓吹者来电话指出：“你们刊物发表这样的文章，还要不要机关每年给的几万元的行政补贴了？”但是当科技人员给刊物上的文章打分评比时，此文却被参评人员后会有期为一等奖，并且“史无前例”的得到全票通过。刊物的编辑部开会决定说：“以后刊物应该多发表这样的文章，可以提高刊物的水平，增加刊物的学术影响力。”而经过这篇文章点穿两种设计方法在工程理论上的本质以后，国内航空界对“原准法”的鼓吹便显然式微了。

我在1989年获得中国科协“建 40周年在科普工作中作出突出贡

献”的奖励。

除此之外，我还写了一些关于人的素质培养，学习方法等有关教育学和人才学方面的文章。在20世纪90年代起到21世纪初担任了上海科普作家协会副理事长，是我国销量最大（也是全球销量最大）的航空刊物《航空知识》的编委会副主任。我是《民用飞机总体设计手册》的主编，并担任了《中国大百科全书》第二版负责航空条目的副主编。

我觉得，任何艺术创作，都要发挥创造性，但是也有自己的规律，有一定的方法可以借鉴。音乐学院就有作曲系，戏剧学院也有编剧系。总结创作规律并不是限制创作上的发挥，而是使作品在接受心理学上更有成效。科普写作也不例外，也是有方法可以总结的。

我自己常常回想，自己写的科普文章为什么有些反应较好，另一些则较差。同样我阅读中外作家的作品，也看到有写得好的可以学习，写得不精彩的有改进的余地。因此长期来思考了一些科普写作规律的问题。

1978年10月，《航空知识》编辑部在北京召开全国作者代表会议，要求我去作了一次科普写作方法的讲座，是该次会上两个大报告之一（另一位报告人是著名的报告文学作家）。对我作的这篇报告反响不错。正巧“中国科协普及部”有同志参加了这次会议，觉得这个报告对非航空业的一般科普作者也有参考价值，便组织了一次在京的报告会，叫我去作了一次专题报告。

当时我正在北京参加对美国一家飞机公司的技术交流，住在航空部的招待所里。会议的休息日，中国科协派了一辆汽车到招待所来接我。我心想不知道到什么地方去和北京的科普作者们见面交流，不料汽车把我拉到很新潮雄伟的、由德国援建的“首都剧场”。中国科协向北京有关单位，包括报纸，电台，电视台等媒体单位，以及机关团体及各区的科协都发了票，把一座大剧场坐满了。

我没有想到这样兴师动众，很是吃惊。我讲了科普写作的各方面问题，从哲学的高度，从认识论角度来看待科普的层次，从接受心理学来讲科普作品如何引人入胜，也讲了一些在实际写作的操作层面上的体会。会场上听众的效果反应很热烈。

从这以后的30多年中，我在刊物陆续上发表了一些关于科普创作的论文，作过一些辅导科普写作的报告。2001年我71岁时，浙江省开科普创作会议，邀请我去作一次大会报告。我得以在雨中再在西子

湖畔漫步。在会上，我就科普的选题及写作方法作了报告，是该省这次会议从浙江以外邀请的唯一外请报告人。会后不少人来要文字资料，其他几个省的科协刊物转发了这个报告的文字稿，几个文集也刊登这篇报告稿。

对科普写作方法的心得，是我写作科普的一个副产品。2002上海科普协会编写科普论文集《金牌和银牌》，也辑录了我关于科普写作的文章。但愿我的点滴体会对广大科普作者能有所参考作用。

文学海滩上拾贝

除了幼年胡乱在日记中写过“小说”“剧本”之类的文字之外，我从中学开始写日记几乎没有中断过，而最初想在文字方面进行“创作”，则是大学时代的事。也许我在文字上有一种“表述欲”，很长时间以来，我曾试写过各种不同的体裁和题材。这种创作欲望使我读了不少中外文学名著，也读了不少有关文艺写作的书籍，要堆起来大概也足有好几麻袋，可以装进好几箩筐吧。

我对文学写作毫无功利目的，我发表的文学作品大部分使用笔名，得以发表后也只与有共同爱好的朋友交流，互相提一些看法和观感便很高兴。只有几篇给航空人士写的传记，我认为应该比较严肃地为我写的文字负责，才用了真名发表。

我在文学领域发表的作品，一类是散文杂记，如游记，随笔，随感，读书评论等，想到就写，题材不拘，内容各异，文思很跳跃，没有总体上的规律可循。例如，有一段时期，我的杂谈性的题目有：

“顿悟的欢欣”、“风筝今古二千年”、“小提琴拾趣”、“‘收集’的情和趣”、“‘天鹅’曲中情”、“金龙翠谷五彩湖”（游记）、“万年前的火山口”（游记）、“传奇性的飞机设计师”、“美国的巴尔扎克”、“轰动西方的‘爆炸文学’”、“微型小说之最”、“从‘魔鬼的抉择’谈畅销小说”……等等。我还在报纸副刊上开辟过《作家与作品》专栏。

科学小品性的部分篇题有：“‘灵感’需要一片沃土”、“从洗碗盆说到登月”、“走不动的棋和不用上机的计算”、“粉笔的长度与飞机参数”、“联想与发明家素质”、“如何获得急智”、“音乐与科技工作者的素质”、“司马光破缸救人和直升机上天”、“琴弦折断之后（谈技能与训练）”、“通往发明之宫的五条途径”、“注意力的分配”、“发明的尺度效应”、“发明者的心迹”……等等。这些稿件写出来寄给报刊副刊，有时集中投稿太多，编辑要求换用几个笔名，避免副刊只被少数几个

作者垄断的印象。于是我便采用幼时迁移居住过的地名，创造出一串谐音的笔名。把这些笔名连起来，在地图上可以划出我童年时迁移运动的轨迹。

此外我还创作以生活为素材的短篇小说“切分音“、“马的颜色”，以历史故事为素材写的“故事新编”类的中篇“神箭长歌”等。

第二类是关于航空的文学题材。比如我写过关于我国在20世纪内对航空产业有重要贡献的两个人物的传记，报告文学，纪实文学等，也写过关于飞机设计师的短篇小说《世纪的风》。我也用一些人的历史经历写出传奇故事《最高缉捕令》，《浪涛汹涌之夜》和《江防计划的破灭》等。

第三类是科幻小说，我想借此锻炼一下想象力。如果说我写的航空文学作品的特点是以材料结实取胜，而我写的科幻小说则追求想象的飘灵。我写的几篇科幻小说“没有触觉的世界”、“特别护理”、“费鲁德大人的最后一次手术”、“奇葩怒放的沃土”、“欢愉中心的突破”、“中华文化大发送”等题材包括计算机科学，医学，大脑研究、考古学等，却没有一篇是关于航空的。但是出乎意料的是，几篇科幻作品却引起相当的重视和好评，被我国的科幻创作界认为属于20世纪内重要作品之列，收进一些文集之中。

连载小说《强行起飞》是我的文学写作中第一部较大篇幅的作品。

在我主持“运10”试飞工作期间，和飞机工厂一位老工程师周正工作上的接触较多。彼此熟悉后，知道他是“两航起义”人员。他对那段起义的历史刻骨铭心，有许多当时的故事。

我觉得两航起义这件事，且不说其包含的机智英勇和惊险悬疑的过程，就这个事件的规模和意义，都是20世纪内中国航空界的大事，在世界航空史上都很震动，反映了中国航空界里强大的民族凝聚力。但是这样重要和精彩的一件事，竟然没有在文学上很到反映，很使人感到欠缺。我想，别人不写，我来试试看。

1983年3月，我与周正老工程师一同参加在西安举行的全国航空学会代表大会。他对我说：“咱们一起坐飞机去吧？”

我说：“还是坐卧铺去吧，一路我来听你讲故事。”

这样在西行途中，我向他采访了一路。在西安的会议上，经他介

绍我还采访了几位在起义中起关键作用的人物，如起义机群指挥机的机长潘国定等人，我写下的采访笔记有好几本。

以后长时间内，我还陆续采访了其他有关人物，收集了大量资料，然后开始构思这部作品。我过去没有处理过这样重大的题材，也没写过这样篇幅的作品，写作起来便毫无章法。我最早采用的是即兴点彩式的写法，就是先从比较“有戏的”场面写起，写出一些效果比较热烈，但并无关联的段落来。我使用了一些外国惊险小说的悬念的设置、场景的铺陈、气氛的渲染等手法，作为练笔的“牛刀小试”。

进行这些写作时，我不禁回想起少年时在舞台上的经历。我觉得，写作中我不仅要像“演员”一样揣摩角色的心态和举止，还必须作为“导演”进行场面调度、掌握情境中的“是高任务”、必须像“编剧”一样设计情节的进展和每个人的台词，还要担任灯光、道具、布景、化装、服装、音响效果等各种舞台专业的任务来制造现场气氛。我以少年时演戏的感受来体验这次写作，感到像是过了一次戏瘾一样。

我只能业余时间写，所以写作时间拖得很长。我的手稿夹里杂乱无章的片段逐渐堆积了很多，我却陷进无法将它们联成一个整体的苦恼中。

最后我终于猛醒，摆脱长时间来沉浸在细节的思路，“居高临下”地将整个作品作了一番总体规划。然后将总提纲中的空缺补全了，并从已写成的稿子中大刀阔斧地砍削掉一些枝节，形成了一部完整的作品，洋洋洒洒26万字。我拿给另一位写作爱好者看，他是一位对文学很有想法的航空技术研究员，他说他用了两个晚上连续看完了，觉得总来说的相当吸引人。

工会管理图书馆有一位小青年，读过很多国外惊险和探案小说。我问他愿不愿意看看我的稿子，他同意了。他看后把稿子交还我时说：“稿子写成这样，可以寄给报刊杂志去看看编辑们的反映了。”

于是我对这部取名为《强行起飞》的小说写了两页纸的简介，分寄一些报纸刊物。当时上海的《解放日报》开始刊登连载小说。人们经过长时间的文化枯寂之后，对这种形式很欢迎，连载小说引起普通读者们日常兴致勃勃的交流和讨论，投稿的作品也多了。报纸甚至专门印行了一份《连载小说》的刊物，刊载报纸上容纳不下的连载作品。我将《强行起飞》的简介寄给这份刊物。不久收到来信，要求我将全稿寄去一阅。

正逢我要到外地出差，便匆忙将《强行起飞》的稿件寄出，然后

便离开了上海，心里一直惦念着这份稿件编辑部将如何反应。到我出差回来后，报纸的编辑来电话，约我去编辑部一谈。

接待我的是一位头发全白的女编辑，姓孙，比我当时大出5岁，已经62岁了。据说她是复旦大学新闻系的毕业生，退休后返聘负责副刊版面。

她告诉我说："报纸的连载小说，一般都是约请名家写的专稿，从自由投稿者那里选出的稿件几乎没有过。这次这篇稿件寄来以后，我先交给编辑室一个正在休产假的小青年拿回家去看看。这类来稿塞给青年编辑去读，常常拖很长时间没有回音，因为稿件的文字和情节很难读下去。但这次小姑娘很快就把稿子送回来，说是读完了，不错。我又交给编辑室其他几位编辑再读，很快大家都反映很好。这样我自己才读了一遍。"

她指出她认为写得不错的人物和场景，总的评价很好，决定采用。

我问："是在报纸上连载，还是刊登在特别发行的《连载小说》期刊上？"

她说："在报纸上，在报纸上连载，每天都出现，影响比较大。"

我告诉她说："关于两航起义，我听说国内已经编出过9种剧本。但参加这个行动的人员和部门互相吵闹争功，这部分表现得多了，那部分表现得少了，某个细节不是发生在剧本中的场合等等问题纠缠不休，最后全都流产。因此我写的这个稿件是一篇文艺创作，文中的人物和单位的名字都不是真实的。我事先向你们说明，是为了预防以后有人就一些细节琐事来指责'事情不是这样—'"。

那位孙编辑听了说："那没有关系。如果有人来指出这样或那样与事实有出入，我们就告诉他这是小说。"

就这样，《强行起飞》在《解放日报》上连载了两个月。这是一份向全国发行的报纸，所以在遥远的地方都有读者每天把报纸剪下来粘贴成册来保存。以后报纸编辑告诉我，果然有人指责说这点或那点与"事实不符"。这常常是当时事件的局部参加者，而他们以事件的绝对权威自居，仿佛任何细节都重要到容不得任何走样，都需要经过他审查批准，而忽略了这样重大的事件却在我国文坛上长期得不到表现所遭受损失。面对这样的批评，编辑部果然用"这是小说"回绝了他的指责。

最后，《强行起飞》的连载取得了良好的社会效果，被选为该报十年中最佳十部连载小说之一，在一家宾馆隆重举行了发奖大会并授予奖状。

1991年，一家出版社将《强行起飞》正式出版了单行本。

《通天路》是我写作的另一部航空题材的长篇小说。

我从飞机设计所的设计岗位退休之后，想起研制“运10”的日日夜夜，很多人物和事件常常在脑海中萦绕。于是，我决定以我国研制大型喷气运输机的题材，写作一部长篇小说，暂取名为《通天路》。

这时我已经改用电脑写作，一连几个月坐在电脑前，顺利地打出了全稿。我热切需要知道别人读后的反馈意见。我能够找到的读者，大部分是飞机设计所中的同事。他们读过原稿后，大都对飞机研制的技术过程颇有共鸣，但对作品的文学意义，说不出有实质意义的评价。有的说读起来比较觉得像是一本纪实文学，而不大像是文学创作。可是又有的人说，像小说，在书店根本看不到这样精彩的小说。

一次我在科学会堂参加会议，凑巧坐在我身边的一位中年人对我说：我还没有你的名片呢，是不是可以给我一张？于是我与他交换了名片。我一看他的名片，原来是广播电台一位编辑，是中国作家协会的会员。我立即想到我的小说稿，便对他说，你是作家协会会员，我写了一部关航空的文学创作，你有没有兴趣为我看看，提一提意见？他说好呀，这样，几天后我便把《通天路》的打印稿送给了他。

几天以后，他看完了稿子对我谈他的读后感。他的观感大大出乎我的意料。首先他说这是一个很好的题材，是一个世界性题材，也是一个世纪性题材。是别人没法写的，是一部绝无仅有而又有重要意义的题材。但是现在看起来是一个飞机设计师写的小说，有很多真实而有趣的细节，但带有素材性质。作为给一般读者看的作品，他觉得还需要提高一步，特别是后面的部分需要再加工。

听了他的意见，我只有沉默。因为我自己也拿不准应该如何加工。

又过了几年，到了世界航空百年纪念的前夕。我再次遇到这位中年编辑，他问起上次那篇《通天路》的稿子后来怎么样啦？我说搁置在那里了，虽然陆续在细节上作了一些加工，但总的没有大的起色。没有形成新的思路。

他说他读这本稿子就印象深刻，觉得是很好的原胚。他愿意再看看，并表示愿意合作来把它改好。于是我们开始了合作。两年后写出了第二稿，取名为《巨翼入云》。

我作为第一作者和达世新合作创作的这部长篇小说，从2003年12月末起在上海广播电台的《当代小说连播》节目中播出，共36集。朗读者为全国首届《金话筒》得主张培，她不仅是首届获奖都，还是多届获奖者。男声则由全国广播剧最佳男演员宋怀强担任，他是“上海戏剧学院”的语音嗓音教研室主任。人们说这在全国也是最好的男女演员搭配，一直播送到2003年年末。这部作品的播出，多个电视台和几家报纸都作了报道。

我在青年时代的朋友佳眉，到了老年成为一名国际问题的著名学者。她去过30多个国家，并且一直很勤奋，很用心地观察和思考，出版了多本有影响的大部头学术专著。此外，她还在报刊上经常发表纵论中外各种现象的杂文随笔，涉及文学术、历史社会等诸多方面，表现得才华横溢。我觉得，她做这些事才体现了她真正的价值，显现出知识分子了的思考和判断能力。她购置了称心满意的钢琴，而且，荒废了多年的琴艺竟然奇迹般恢复了。

如今，我们在各自所在的山峰上相望，互相理解，仍然是朋友，可以对世事进行各种深度的交流。我们的损失只能认为是我们为达到各生生命境界所作的牺牲，是我们为了生命的品质不得不付出的代价。

十六、 百年航空与飞机设计师素质

“世纪作证”

1988年8月，我在大学时的老师，曾任北京航空航天大学校长的沈元院士，和前任航空工业部航空研究院副院长、飞机局局长的胡锡铸两位老先生来上海，要我去见他们。当时，我国在20世纪内研制的最大的喷气运输机“运10”已经被搁置十几年，而以后进行的许多民用飞机产业计划接连遭到颠覆性失败，我国民用航空产业一再在零点附近徘徊。两位老先生问我对这样的形势有什么看法。

我回答说，我最近写了两篇文章，一篇取名为“世纪作证----论航空工业在20世纪内对人类社会的重要作用”，这是针对管理机关内某些人一直把航空产品当作洗衣机电视机等一般的产品，一直鼓吹把洗衣机的发展道路来发展飞机行业。这篇文章就是针对这种认识提出的。另一篇则是“中国飞机设计师谈飞机设计”。谈在飞机设计师的眼里，飞机设计究竟是怎么回事。它绝不是单纯的仿制思想所能包容，而是一种创造，一种新系统的综合。这两篇文章，都是针对当前航空产业内某些思潮的，但是我不知道什么地方可以发表。

胡锡涛老局长说，你把稿子给我，我带到北京去想办法。

“世纪作证”一文很快在一家大刊物上发表了。以后十几年为很多刊物所转载，直到新世纪的2002年，我还接到通知，说是该文获得某项征文的一等奖、特等奖，列入论文专集云云。我国的航空产业被追认为属于“高技术”范畴。也许，人们日渐普遍的呼吁对决策者们起了一定的作用。

以后，一直到20世纪末的几年中， 我连续写了一些世纪回眸性的文章，产生了一定影响。我认为20世纪航空的发展，绝对不是某些“仿制”论者所认为的：只是一些抄袭复制便能解释其发展线索的。

2002年，到了莱特第一架飞机飞行百年纪念的前夕。北京一家出版社邀请我编写一本纪念航空百年的书。我不推算写一本充满各种日期和事件的航空发展史，只选取了百年中一些闪光的瞬间，有的悲

壮、有的英勇、有的惊险、也有的只是有趣，由这60多个值得人们记忆或思考的事件或人物，辑成一本取名《翼海撷英》的书，于2003年出版。编辑部盾了我写的后记说：“这篇后记写得很有激情。”我说：“是吗我怎么自己不觉得？”编辑说：“你读过其他的书的后记一比较就知道了。有的书的后记，只是把书中已经讲过的事实再复述一遍，没有什么新内容。而你写的这篇就不一样。”

我还是不明白。不过我想：航空本来就是晚倾注了一生激情的事业。如果这种情怀在我的字里行间有所流露，那是毫不奇怪的。

我想，在航空百年的发展中，飞行王国的疆界不断扩展。迈出已占领的地域的每一步，不论速度的提高、航程的延长、裁量的加重、都蕴含着风险，都需要开拓者的智慧和英勇。人们在任何时候也不应该消融创新的锐气，才能不断开拓出教学楼更加广阔的前景。

百年来，世界各国有多少曾为航空投入过火一般的热情、钢铁般的毅力甚至血肉生命的人们！每当人们回想起这巨大的画卷，必然会想到一些闪光的局部。人们常会从一些人物生龙少虎的干劲、灵活机敏的思维或严重挫折下的奋斗中获得人行的感悟。人产在开拓者的境遇中，可以看到人类认识和创造力不断发展的过程。谁能想到，对战争胜负起着至关重要作用的机，在初露头角的时候竟被认为“过分庞大”而在选型中败北？又有谁能想到，在航空发展上功勋卓著的飞机设计师，有的在成长的过程中却遭到过种种难以想你的阻碍？但是成功的人们总能突破环境对他的种种局限，终于做出成就。这种经历，也会带给人以思考。

飞机诞生何其迟

我常在考虑一个问题，同为人类的交通器具，为什么车船出现已经几千年，而飞机却在近一百年才出现？飞机迟来的原因究竟是什么？

对这一点，以前也曾经有人尝试作过解释，说这是因为到近一百年才出现汽油发动机。这种似是而非的解释，正是一贯强调物质性的“硬件”条件者的习惯思维。但是事实上在莱特兄弟的飞机以前，美国的马克辛，俄国的莫扎伊斯基和美国的兰利等人研制的飞机方案，都以蒸汽机为动力飞离了地面。而美国的莱特兄弟试制的第一架成功的飞机，也不是选择现成的汽油发动机，而是两兄弟特地为这架飞机而研制的特别的动力装置。

从另一方面来讲，在20世纪末期开始在世界盛行的一种“悬挂式滑翔机”，它的构成只需要几根杆状构件，上面覆盖以布质的蒙布，下面用几根吊带“悬挂”着驾驶员便能自如地在空中飞行。构成这种滑翔机的主要材料，如杆件、

布和吊索，在几千年前就已经存在，为什么在人类漫长的历史时期中却没有在古代有过这种航空器在空中飞行？

可见，人类进入飞行的境地，并不完全是由物质条件决定的，而还需要知识的洞察、经验的积累、和探索的勇气等属于精神范畴的因素。在空气的海洋中飞行，依靠的主要是空气动力，这是一种看不见摸不着的力，需要人去探索和应用理解力才能掌握其规律，不像车和船所利用的地面的反作用力和液体的浮力那样直观。而对空气动力的一些基本规律的认识，到20世纪初才由于理论的进展和实验方法的推进而趋于成熟（包括莱特兄弟为研制第一架飞机而建立的早期风洞的一些重要试验结果）。

其次，飞行的试探比陆上的车和水上的船的试验带有更大的风险。自古以来许多人前仆后继地探索，结果都是非死即伤。后继者很难继承前人的经验教训，而不得不面对风险重新尝试。因此飞行的开拓需要一种不懈的热情和胆略。而不是谨小慎微者只靠点滴的积累可以打开局面的。

因此，航空技术的发展，并不是仅仅局限纯物质性的因素，而特别需要“胆、识”二字，胆就是胆略，识就是知识。这样的精神因素，不论是对第一架飞机的出现，还是对以后航空技术发展过程中对速度的追求，越过音障进入超音速进入未知领域，以及研制特大的飞机的型号，直到飞入太空进入宇宙空间，莫不起着重要作用。因此，航空技术在20世纪初就被美国视为人类社会进入“技术时代”的标志，而在21世纪初则又被认为典型地反映了“知识经济”特点的产品，就是这个原因。

世界航空技术发展目标的演变

20世纪初，在人类第一架飞机上天后的第6年，即1909年，中国的冯如制出的第一架中国飞机胜利地飞上了天空。从此中国人介入了20世纪新兴的航空技术。前半个世纪中国断断续续有了航空工业，到后半个世纪才骤兴形成规模。但在这门产业最核心的、具有带领作用的飞机设计事业上，中国长期没有进入前列。

纵观航空技术在20世纪内的百年发展，总的跃上了三个大的技术台阶，前后曾有两个发展目标。

三个技术台阶第一是机体结构的全金属化。第一架全金属化的飞机的出现大约在1917年，但飞机机体的金属化过程是直到第二次世界大战中才得到普遍实施。结构基体的金属化不但提高了结构的强度，而更重要的性能比原来的木料稳定，使飞机的制造从原来手工作坊式的生产方式进入了批量生产的规模，仍然可以获得可靠的质量。

第二个台阶是发生在二次世界大战末期的喷气化。喷气化使飞机的飞行速度骤然得到很大的提高、使飞机的载重量大为增加，并且，使人类制造的飞行器进入了外太空，开始了宇宙航行的时代。

第三个台阶是发生在20世纪末期的电子化，主要在飞机的操纵系统、导航系统和仪表系统。给飞机的飞行安全、经济性等多方面带来好处，但是这个飞机系统的电子计算机化有逐步深入的性质，没有前两个台阶那样来得迅猛和明显。

在百年航空中，航空技术的发展追寻的目标，虽然在初期就曾有过“更快、更高、更远”的提法，但是比较起来，飞机发展的最主要的性能指标，在前半个世纪更明显地是追求速度的提高，而后半个世纪大飞机的研制走在了航空技术发展的前沿。

在二次大战末期出现喷气技术之后，试验飞机（美国的X-1和X-15）很快地突破了音障，并且达到超音速约7倍的飞行速度。但是在后半个世纪内，实用的飞机因为在大气层内飞行，受到大气层物理特性的限制，军用飞机的速度大多稳定在“热障”以前（超音速2.2倍），而民用运输机大多稳定在“音障”以前，即以“高亚音速”巡航。

我对航空发展的这种归纳，多次在北京重要的会议上向包括两院资深院士及我国著名航空专家在内的听众陈述，受到听众的肯定的赞扬，书面的材料被送到上层管理机关参考。

从这个观点来看，我国在20世纪研制的“运10”飞机，采用了全金属机体结构，走进了大型运输机的类别，采用了部分自动增稳装置和先进的导航原理，在总的发展方向上体现了航空技术百年发展的大方向。

2002年7月，这事还有一个小小的延伸。美国一家发动机公司的领导层换届，新上任的头头很想打入中国市场，便找到上海航空学会，想要和上海的飞机设计部门联合召开一次技术研讨会。美国公司

打听说：一般你们中国的学会开技术讨论会选什么会址，是不是够气派？航空学会告诉他们说，我们素来在上海科学会堂，规格很高的。美国公司说，不行，我们开会应该在上海最好的一家，新近开张的“超五星酒店”举行，并且愿意承担报告会后的晚餐费用。上海航空学会强调这是上海方面的学术活动，外国公司愿意来参加介绍它们的产品是可以的。但不能反客为主，把上海的一项学术活动办成一个外国公司推销产品的活动。

上海航空学会与设计所联系，设计所认为我方现与世界很多发动机公司都正在谈判，关于发动机选型的技术报告就不做了。这时上海航空学会的理事长打电话找我，问我能不能作一个航空学术报告。我说明年就是航空一百周年了，要我做，我就做一个航空百年的学术报告。理事长说可以呀，就这样定了下来。

我对徐秘书长说，有美国人参加，我干脆用英文作报告好啦。秘书长说好呀。但是我后来一想，究竟是在中国，我还是应该用中文讲，但是我自己翻成英文。秘书长说我可以为你找一个翻译，我说不用了，我就自己说自己翻吧。他说我是怕你太累，有一个翻译你可以休息一下。但我想，如果找来一个不理想的翻译，听起来实在会比自己翻还累。

后来美方要求我的演讲放在最后讲。他们先介绍产品。因为这次活动是美方出资，所以联络人便同意了。

我知道后对理事长说：“我讲的是一百年宏观回顾，而他们讲的是具体产品介绍，把我的演讲放在后面不合适吧？”

理事长给我打气说：“这事我负责，会议是我主持。你在最前面讲。他们如果不同意，大了不起我们不举行联合学术讨论会了……”。

最后，经过再次与美方交涉，才确定我第一个讲。

到正式开会之前，联络人又走过来对我说：“美方的意见，你的报告译成英文可以简略一些。”

我问：“这是什么意思？”

联络人笑笑，说：“这是美方的意思，就是这样讲的。”

看来，美方对我的“百年航空”的报告不抱期望，他们对内容并不在乎，译不译成英文，译多少都没关系，他们不感兴趣。最好多节约

一点时间给他们宣传产品。

我没有去管美方意见，报告时上台打开手提电脑的“多媒体”放送系统。我讲得非常精练，没有任何废话。英文部分也讲得字正腔圆。我讲的是高度提炼的对百年航空进展的总结，是任何其他文件中没有的。我讲完之后，美国客人纷纷前来表示祝贺，并在他们的发言中赞扬了这个演讲，还派一个美籍华人来对我来说，这个演讲好极了，很多事情都是他们所不知道的，是不是可以拷贝一份讲稿给他们？

我说对不起，这个讲稿还不成熟。

会后，上海航空学会理事长特地向我表示感谢，并且说，这个报告你留着，将来还要讲，多次讲…………

我觉得，这个报告的成功，与其说是讲给外国个听的，还不如说是讲给中国人听的。报告的轰动效果，镇住了全场。休息时我见到秘书长，他说“你这个报告，应该在航空学会内给各分会的干部和联络员讲，大家都来听听…………”

2002年10月，北京航空航天大学庆祝建校50周年，把我从上海请到北京，到学校参加校庆讲座。我讲的题目是“世界与中国航空百年，及“运10”在航空史中的地位”，到会的听众出乎意料地踊跃，会场开门以前在门外就聚集了许多学生。这次我经历了平生作大报告而获得最热烈的、持续时间最长的掌声。这要感谢青年学生们的热情，也得益于这个讲题的吸引力。

离开北京时，北航接待我的教师把我送到“中国大百科编辑部”，因为我被聘为代表国家级出版水平的《中国大百科全书》修订第二版负责航空部分的副主编，趁我此次赴京出版社给我颁发聘书。

飞机设计师的素质

50年代，当我国第一次设计出“歼教1”喷气教练机之后，当时的空军训练部门却热衷于从欧洲一个国家进口一种喷气教练机，把我国自行研制的机型刚诞生便搁置起来。过了30年，从国外没有可能获得这类飞机的供应了，才想起重新研制这种曾经被他们自己否定过的机型。任务下到南方一座飞机工厂。我作为早期参加过“歼教1”方案设计的人员，5月26日被邀请前去参加这种新的喷气教练机的方案会审。

在这次会审会上，我遇见我国开始飞机设计事业时就曾一起共同

工作的三位老同事，连我在内共有四人。现在我们分在国内东西南北各方，仍然工作在飞机设计岗位上。这种巧遇使我感到碰面的机会难得，便拟了几道对飞机设计的问题，分别询问他们的看法，和他们交换意见。我提的问题有对飞机设计工作性质的理解，对飞机设计师所需要的素质的体会，对与国外技术合作的看法，以及中国航空发展道路的期望等等。

大家都谈出了一些有真知灼见的内容。事后我把我们谈话的要点摘记下来，分别寄给他们本人审阅，并征求他们是否同意公开发表。他们都同意了。于是，这就是那篇在我国飞机设计文献中有相当影响力的“中国飞机设计师谈飞机设计”那篇文章。

这篇文章后来传入北京，被两家高层管理机关的内部刊物刊印传播，该文在高层的重要会议上被提出要求大家普遍阅读。然后，该文也被一家印数最大的航空刊物发表了，获得了“建国40周年国防征文”的一等奖。

1993年12月12日，上海飞机研究所成立20周年，所长要求我在纪念大会上作一个关于“飞机设计师的素质要求”的报告。我在电脑上拟出一个提纲，在大会作了报告。1997年3月,航空工业部从各厂所抽调“总师后备人员”，在北京航空航天大学举办一个“特种训练班”，要求我去作一个“总师工作方法和素质”的讲座，为期一周, 反映颇佳。

后来，我将历次关于总师素质的讲话和文稿，压缩写了一篇“总师工作方法和素质训练”的论文，在航空刊物上发表了。以后我听说，某些航空航天大学的教师特地复印下来作为重要资料保存。

我觉得一名飞机设计师首先一个创造者，而不只是一门学术的推广者或对某种结果的分析者。他要负责提出一种新机型的方案来。要做到这一点，如果没有创造新事物的热情和能力，仅做一个会念经的和尚是不够的。

一架飞机的诞生涉及很多不同的学科，飞机设计者在某种程度应该是对飞机主要学科的“通才”，而不限于是某一特定学科领域的“专才”。他应该对一般的科学思维和科学方法具有某种“悟性”，即有比较深刻的理解和运用能力，而不会局限于某些狭窄的眼光中失去对事物的正确认识。也就是说，应该有比较完善的工程哲学思维基础，和健全的逻辑思维能力。

飞机设计师应有良好的判断力，应不限于掌握达到眼前目标的操作性能力。一架飞机的设计周期相当长，因此对作出的决定应有一定

的预见性。缺乏预见的决定只能是盲目的，在长时间的考验中会暴露出决策的失误。

飞机设计师应能团结广大科技人员共同工作，一同实现创造出新产品的任务。作为技术的负责人，在工程进行途中遇有问题时会充当的决策者的任务，但平时在更大的程度应是设计队伍的一名教练。应该懂得如何交待任务，如何指导下级理解完成此项任务的方法，如何督促工作的进程，如何解决一路途中遇到的问题。如果只是被动的待在办公室等待下级来请示问题，就很难领导完成一项机型研制任务。

同时，飞机设计师最好能有一些不限于常规技术任务的技能，如能熟练的运用语言、文字和图像交流技术设想的技能，在概念上和在实物上综合多种素材形成一项成品的技能，以及策划指挥一群人完成一项特定任务的技能等等。这些技能对于完成局部性的技术任务时可能并不显得很重要，但是要作为一架飞机的主要设计者，则具有这些技能会对工作有很大的帮助。

航空技术的发展，在时间上几乎与人类社会的20世纪同步，成为上个世纪科技发展的一个重要特征。试看20世纪末的飞机，与世纪初的最早的飞机相比，航空技术的发展在百年中发生变化的幅度，是世纪初的人们无法想象到的。而一个世纪这样迅猛的发展，丝毫没有显示出航空的发展已经达到饱和的迹象。

处在21世纪的新起点上，可以预期在以后的日子里航空技术仍会有巨大的发展。而航空技术的发展的载体，就是飞机本身。我国要在航空产业中在世界上占有一席之地，首当其冲的是需要飞机设计的人才辈出。我对新的世纪中我国涌现出新的出色的飞机设计人才，寄予很大的期望。

即将写完此稿的时候，读到美国作家塞缪尔·尤尔曼在年逾70后写的一篇取名为《青春》的短文。据说二战期间美军司令麦克阿瑟在指挥西太平洋作战时，把此文镶入镜框摆在桌上每日对照。1988年日本数百名此文的信奉者，包括松下电器公司元老辛之助等聚集东京大阪，纪念此文对振兴日本战后经济与科技所起的作用。我读了一下这篇《青春》，颇有同感。原文共五个小段，这里姑且摘录三段，与读者共享：

青春的魅力表现在勇气战胜胆怯，事业高于享乐，这样的人往往60高龄胜过20岁小伙。仅仅年龄的增长不能使人变成老翁，我们的衰老是因为抛弃自己的理想。

无论是60还是16岁，每个人在精神上都蕴含着奇迹般的魅力，孩子般追求进取的无穷欲望和投身生存竞争的欢乐。你我心灵中都有一个类似无线电台的中枢，源源不断地接受着来自全人类与造物者的美好、希望、欢乐、勇气、力量的信息，使你我永葆青春。

只要你空中的天线倾倒，你的灵魂被玩世不恭的积雪和悲观主义的冰凌所覆盖，那时即使20岁也会衰老。但是，如果你的天线始终挺立，捕捉着乐观主义的电波，那么你就有希望在80岁时仍然年轻。

无限广阔的未来的天空，一定会飞翔着许多今天想象不到的新型飞行器。不论科学技术的发展会创造出什么样的新事物，必要的前提是必须出现具有新的思想和能力的人。21世纪中国航空产业的振兴，需要一批真正的科学思想武装起来的、充满朝气的生气勃勃的人群。我深信这样的人物一定会成为时代的主流。

一本值得感动、令人深思的人生教材

这本《天高歌长》并不太长，但我花了两个月才逐字逐句把它读完。我认为这是一本“人生教材”，令我细细品味、认真思考。近些年来，很少有一本书能有这许多看点，值得人感动、深思。

作者程不时在40多年的飞机设计生涯中，先后负责过多种飞行器的总体设计工作，是我们不应该忘记的祖国蓝天的铸翼人。他多才多艺，不仅在音乐、美术等艺术方面有较高的修养，而且在文学、科普、和科技写作上也颇有成就。他思想活跃、极富创见，思想所及“包罗万象”，在哲学、心理学、教育学、数学等重要领域均有闪光的见地。他是理论与实践统一的典范，既有扎实的数理功底，又勤于参加工程实践，包括亲自制作模型来验证理论和设计。他虽“志在高远，胸含山水”，但极其看重人间真情，描绘出了一幅多彩的人生画卷。

他提倡创造性思维，提倡创新精神，注重创新设计，并为此进行了不懈的斗争，可以说这是全书最耀眼的亮点。他以自己独有的人格、人品、人才、人情书写了自己的人生。

“人格”，他生活得堂堂正正，尤其在外国人面前，他没有丝毫媚骨，挺直了中国人的脊梁。“人品”，他待人真诚、平等，无论是高官，还是工人师傅；他处理问题实事求是，反对弄虚作假，完全没有世俗的无聊行径。“人才”，这里特指的是他的智力和处理、解决实际问题的能力。他在专业之树结出的累累硕果，他在业余文学艺术花园绽放出的万紫千红，我们完全可以夸称他是“另一种类型的”爱因斯坦和鲁班。“人情”，他心胸开阔，生活得大气，在书中流露着人间最美好的真情。

本书采用了美术中散点式透视原理，为读者展开了一幅如“清明上河图”的美妙人生画卷，使读者在每一个透视点都能读到精彩，或徐徐清风、山泉清流，或狂风暴雨、惊涛骇浪，总能使人感动。

我首先要向祖国的未来——广大青少年推荐，这本书是一本鲜活

的人生教材，是你们健康成长的良师益友。你们从中能够明白人与动物的根本区别在于人能够思维，而思维的核心就是创造的道理；能够体会人是在实践的积累中变得聪明，从而做出成就的；能够领悟逻辑思维和形象思维结合的巨大魅力和它产生的物质力量。

我要向孩子们的父母推荐，因为这本书会告诉您如何点燃幼小心灵的火花，在哪些方面注意对自己孩子的培养，怎样让自己的孩子成为一个对国家和民族有贡献的人。

我要向“人民的公仆”推荐。如果说向腐败分子、官僚、无所作为者推荐纯属对牛弹琴，那么只有“公仆”才会用心总结其中的经验，吸取其中的教训，从中体会什么叫做求真务实，怎样维护国家民族的利益。也只有大“公仆”才能为人民行使权力，将腐败分子、官僚和无所作为者拉下马，推下台。

我要向广大航空战线的工作人员推荐，因为从书中你们可以看到自己熟悉的人和事，看到祖国航空事业的发展，相信它一定会引发你们深沉的回忆，使你们倍感亲切。

我要向广大航空爱好者推荐，因为你们不但可以从书中了解祖国航空事业的发展，而且还能够学到许多航空知识，帮助你们纠正一些错误观点和认识。

绍由

《航空知识》期刊原编辑部主任

飞舞于苍穹间的自由之翼

自古以来，人类就希望在天空中翱翔，这种希望蕴涵着人类追求自由的形而上理想。然而，自由本身往往伴随着巨大的风险。在古希腊神话中，代达罗斯与他的儿子伊卡洛斯一起戴上人造的翅膀，从空中逃离了囚禁怪物弥诺陶洛斯的孤岛。然而，伊卡洛斯由于骄傲而忘乎所以，操纵着羽翼不断向高空飞去。高空灼热的阳光融化了人造羽翼的封蜡，伊卡洛斯因此坠海而死。而在真实的历史中，为了让在空中飞翔的理想成真，人类也付出了沉重的代价。尽管如此，巨大的风险与沉重的代价，并不能阻止人类在航空领域的进击。对于那些献身于航空技术研究与设计的科学家来说，飞机等航空飞行器不仅给现代人的物质生活带来了巨大的便利，而且还让人类实现了超越自身界限的自由理想。而这种追求自由的理想与精神，在中国著名飞机设计师程不时先生的人生中有着相当鲜明的体现。

程不时先生的父亲是留学德国的机械工程师，程不时先生幼年就住在汉阳机场的边缘，这些环境的耳濡目染，无疑大大增强了程不时先生对飞机以及相关科学技术的兴趣。然而，对于幼年的程不时来说，飞机带来的并非全然是欢欣的记忆。其时正值中日战争，日本“零”式战机在很大程度上掌握了战争的制空权。日本战机所到之处，给中国人民带来了惨重的伤亡与损失。可以说，日本的军机在程不时先生的人生中扮演过魔鬼的角色。但是，程不时先生对日本侵略者的仇恨，并没有让他沦为一个盲目拒斥科技等现代西方文明与现代西方价值的爱国愤青，而是进一步增强了他学习航空技术的动力。一个国家在科学技术上落后，就免不了在推崇丛林法则的国际世界中成为大国政治博弈的牺牲品。真正的爱国者不应该打着爱国的旗号，盲目地美化自己的文化传统中的蒙昧观念与奴性思想，肆意地丑化其他国家与民族的先进科技与自由思想，为闭关自守与夜郎自大的行为进行可笑的辩护，而是应当积极学习其他国家与民族优秀的科学技术与思想文化，以实际行动来有效壮大自己的国家和民族在科学技术与经济军事的实力，这才是让自己的国家免受外族入侵的最有效途径。程不时先生并没有被虚妄的政治狂热所蛊惑，而是毅然地投身于发展中国航空事业的科研活动之中。对祖国的热爱，转化为程不时先生对科技研究的巨大动力，去积极吸收西方科学技术与思想文化中的精髓，以服务于中国的航空事业。

必须承认，当程不时先生投身于中国的航空事业时，中国与西方在这个领域的差距还是相当大的。这种客观的差距助长了一种设计理念，即中国飞机的设计，必须要有西方“原准机”来进行抄袭，有人甚至认为，“凡是与原准机不一致的地方，就是出问题的地方”。作为一个“山寨大国”，中国当代某些志得意满的专家学者也许对此已经见怪不怪。然而，程不时先生的难能可贵之处在于，在虚心学习先进的西方科学技术与思想文化的同时，并没有盲从西方的权威，而是坚持“博采众长，为我所用”的设计道路。他设计的蕴含丰富原创性的飞机，在国际上获得了高度的评价和广泛的声誉。程不时先生并没有屈从于山寨西方技术的流行风尚，在飞机设计领域取得了巨大的成就，这当然有着多方面的原因，但是，在我看来，以下三方面的原因恐怕发挥着尤为重要的作用。

作为一位具有高度自由精神的飞机设计师，程不时先生并不像一般的设计师那样，仅仅满足于本专业的技术知识的学习与掌握。按照一种流行的观点，设计师偏重于应用科学，因此，没有必要过多拘泥于理论科学的知识推演。对于数学和物理学的知识，他们更多注重的是这些知识对自身实践的应用，而不会特别关注其中蕴含的理论意义和学术价值。程不时先生的自由精神，让他没有满足于纯粹专家式的有限技能，而是对科学领域新近发展的知识，抱持相当强烈的好奇心与求知欲。对于自动控制理论、电子计算机的软件工程等在他大学时代尚未形成的学科，程不时先生在后来的工作过程中进行了深入的学习与研究，并有意识地将其中的知识灵活地与自己的设计实践结合起来。理论知识没有让程不时先生成为书架的奴隶，而是有力提高了他对事物的判断和创新的能力。著名的科学史家与科学哲学家埃德加·齐尔塞尔（Edgar Zilsel）指出，近现代的科学技术，是学者的理性思维与工匠的实践经验有机结合的产物。现代科学技术的兴起与发展，脱离不了理性思维与实践经验两者的共同协调发展。程不时先生在飞机设计领域获得的巨大成就，显然与他在研究工作中对理论与实践都不抱偏见的自由精神有着重要的关系。

程不时先生的自由精神，不仅让他在科学的理论与实践之间自如地翱翔，而且也让他的思想飞舞于哲学的高空。自古希腊以降，西方的哲学与科学之间就有着相当紧密的关联，柏拉图、亚里士多德、笛卡尔、莱布尼兹与帕斯卡尔等伟大的哲学家在科学中都有着重要的贡献，而爱因斯坦、玻尔、薛定谔、海森堡与怀特海等一流的科学家本身也有着相当犀利而深刻的哲学思想。然而，20世纪学科的专业化和教育的职业化，一方面固然培养出了一大批在专业领域有着卓越贡献的专家，大大推进了学科的精耕细作，但另一方面，也造成了各门科学之间，乃至科学与哲学之间的分离与断裂。科学专家满足于本学科

的知识与方法，缺乏从哲学的角度去反思本研究领域在理论方法、概念构架和实践技艺方面的局限性。没有对因袭的思想方法和技术操作的局限性有所意识，自然就难以积极主动地去为研究设计寻找新的思路。程不时先生是卓越的飞机设计专家，不同于平庸的设计专家，他对哲学并没有科学专家式的傲慢。在哈耶克的影响下，程不时先生敏锐地意识到，在一个科学主义盛行的时代里，某些狭隘的专家很容易以“科学”的名义来反对进步、压制创新。而恰当的哲学思维方法，将有力消解这类错误的思想教条，并对设计的总体规划带来积极有益的帮助。程不时先生热衷于从哲学的层面，结合科学技术的实践来探究人类的创造性，并且围绕该主题撰写发表了诸多精彩的论著与论文。严格说来，这些论著与论文，应该归于科技哲学的研究领域。然而，程不时先生的阐述源于科学的实践并归于科学实践，因而比起通常的科技哲学的专业著述，对于业内专家与普通读者的启发更多，说服力更大。

相较于主要扎根于哲学经典文本的哲学研究者，程不时先生哲学思考更多地扎根于他有关飞机设计的实践活动与科技思想之中，因而是一种深深扎根于科学世界与技术世界中的哲学，这也就让他的文字不拘泥于学院哲学的教条，更容易激发出人类心智的自由畅想。尼采曾说过，一个人所持有的哲学，与其性格有着内在的契合性。一种激发自由畅想的哲学，也从另一个角度表明了程不时先生性格中追求自由的热情。这种自由不仅追求着科学技术与哲学思想中的真，而且也追求着人文艺术中的美与善。科技与艺术就好似两条相对独立的旋律，在程不时先生的人生中以对位的方式奏响一阕歌颂自由的交响曲。表面看来，程不时先生对音乐等艺术的兴趣，仅仅是独立于科学技术研究的业余爱好。但是，无论是罗曼·罗兰的小说，还是贝多芬或舒伯特的交响曲，这些艺术都深深蕴含着通过努力奋斗追求人类自由与尊严的人文主义的理想与精神。而经典艺术最可贵的价值之一，即是通过艺术审美或艺术创造而实现一种本真的自我塑造（self-fashion）。不难想象，当上述经典艺术中推崇自由与解放的理想与精神，与程不时先生对自己事业的抱负与责任感相结合，孕育出的恰恰是通过技术设计创造而为人类谋取幸福、自由与解放的普罗米修斯精神。纵观程不时先生的精彩自述，这种精神深深渗透于他描述自己的飞机设计师生涯的字里行间。离开了这种宏大的精神，就很难理解程不时先生在飞机的研究设计中所体现出的巨大热情和强大毅力，而这正是某些缺乏普罗米修斯精神的狭隘专家所明显欠缺的。

飞机将人类追求自由的理想具象化为翱翔于苍穹间的自由之翼，程不时先生对飞机的热爱，应该也在很大程度上蕴含着他本人想要在苍穹间自由翱翔的美好愿望。在这个倡导科技的新世纪里，我们不妨

乐观地相信，程不时先生心中的自由之翼，将引领着同样在心灵深处渴求自由解放的人们越过各种火墙与壁垒，飞向更为广阔与更为自由的美好世界。

郝苑

中国社会科学院哲学所